N° 4 28 FÉVRIER 1939

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1920).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norwège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Au Centre International de synthèse.

La sensibilité dans l'homme et dans la nature.

La 10e *Semaine internationale de synthèse*, tenue au Centre qui a son siège à l'hôtel de Nevers, rue Colbert, du 7 au 11 juin 1938, a été destinée à l'étude de tous les aspects de la *Sensibilité*.

Comme Henri BERR l'a très sagement rappelé, la notion de sensibilité a des acceptions différentes dont il fallait retenir les deux plus opposées : celle de s'émouvoir « propriété de recevoir des excitations et de réagir en conséquence » (Ribot) et celle de se mouvoir facilement sous l'action de faibles impulsions, comme une balance (Littré) ou comme une flamme sensible aux vibrations sonores; c'est pourquoi Henri BERR a demandé leur concours à des psychologues, physiologistes, historiens, philosophes d'une part, et d'autre part à des naturalistes et à des physiciens.

Est-ce que, demande H. BERR, la notion de sensibilité n'est-elle pas la mieux appropriée pour jeter un pont entre les sciences de l'homme et les sciences de la nature?

La *sensibilité affective opposition du moi et du non-moi* a été traitée par H. WALLON (Collège de France) qui considère tout d'abord le sentiment et la sensation comme les termes de départ et les termes indispensables des états de conscience. Mais il s'élève contre la prétention des savants philosophes du Cercle viennois de ne retenir toutes choses que comme un complexe de sensations, comme si la sensation était un donné élémentaire et primordial, lorsque, par contre, il ne peut être question de sentiments et de sensations qu'à titre de résultat de l'analyse psychologique en discernant des états toujours très complexes de la conscience. C'est la réalité sociale, celle des relations humaines, qui a le rôle prépondérant dans la manifestation de la sensibilité dès le premier éveil de la conscience chez l'enfant, en sorte que la sensation n'est qu'une réaction approximative modifiée par l'affectivité, les tendances et les besoins; voire que selon certains philosophes c'est la tendance affective qui a la primauté. En tout cas, même le sentiment de la présence est toujours mêlé de celui de la prestance et le sens des attitudes, dit sensibilité posturale, est à l'origine de la sensibilité sensorielle et aussi de l'imitation qui rend possible la participation à l'activité sociale. En somme, la sensibilité est la condition des relations, des résonances et des activités entre notre propre existence et toutes les autres existences.

Dans la discussion, H. PIÉRON fait quelques réserves sur la généralité des états affectifs car il admet une sensibilité d'adaptation ou réflexogène qui n'est même pas représentative et encore moins affective. G. MATISSE opine que, si les choses ne sont pas considérées comme des complexes de sensations, l'on glisse dans la métaphysique la plus imaginaire, et Jules de GAULTIER, en considérant la sensation comme indispensable, est porté à croire que toute connaissance n'est quand même qu'une coordination de sensations.

La sensibilité représentative (vue et toucher) a été traitée par H. PIÉRON (Collège de France) du point de vue expérimental selon lequel l'on constate que les stimulations sont élaborées par la sensibilité affective dont se dégage peu à peu la sensibilité représentative. Du fait que nous vivons dans un

milieu la sensibilité représentative est mise en œuvre pour le repérage et pour l'identification des objets et des évènements de ce milieu, laquelle identification est le résultat de la correspondance des actions et des réactions avec les stimulations. La sensibilité prétendue subjective ne peut être utilisée pour la connaissance, elle est affective et ne ressemble en rien aux propriétés des choses qui la provoquent, par contre la sensibilité représentative étant symbolique est utilisée pour la connaissance. Il ne peut être question d'une construction de données élémentaires car ce qui est préalable, c'est la signification effective selon laquelle l'attention est éveillée ou inhibée et en tout cas dirigée. D'ailleurs les complexes de sensation ont comme dominante la tendance instinctive à l'utilisation et sont soumises aux circonstances de leur usage. Il n'y a donc pas à s'étonner que nous voyons les choses à l'endroit quoique l'image rétinienne soit à l'envers. H. Piéron insiste sur la primauté de la signification et sur l'importance de la sensibilité de repérages qui se concrétisent en symboles, et ce sont plutôt des complexes de gestes symboliques qui constituent les connaissances dont les moins compliquées sont celles de succession et de situation, primitivement *ego* centriques et de plus en plus objectives à mesure que les symboles prennent un caractère plus conventionnel.

Dans la discussion H. Wallon est d'accord avec H. Piéron sur le fait que la sensation est un résultat de l'analyse et non pas une donnée immédiate. M. D. Parodi note que le problème métaphysique de la primauté de la conscience est impliqué dans l'affirmation que les sensations ne ressemblent pas aux choses, et si H. Piéron semble esquiver ce problème, c'est qu'il emploie tour à tour le langage idéaliste et le langage réaliste. H. Piéron répond en affirmant que nonobstant la dissemblance entre la sensation et les choses la science ne peut pas s'inspirer de la philosophie idéaliste parce qu'autrement elle manquerait son but qui est opposé à celui de la philosophie. Louis Lapicque intervient pour noter que les philosophes les plus idéalistes pratiquement se comportent comme s'ils croyaient à l'existence matérielle des choses. G. Malfitano, d'accord avec H. Piéron, note que la sensibilité de repérage, surtout tactile plus que les autres modes de sensibilité, doit correspondre à la structure même des objets et des événements, c'est pourquoi la science est possible sur un fondement géométrique.

⁂

La sensibilité esthétique : sens humain et réalisme

Ce thème a été traité par R. Bayer, professeur de philosophie à l'Université de Caen, et il a bien voulu rédiger lui-même ce résumé de sa conférence, très riche et très suggestive. « Il a marqué tout ce qu'il y a d'irréductible dans l'activité artistique et dans les préférences en matière d'art : l'art reste avant tout *une postulation des nerfs*. Il a ensuite analysé les éléments de la sensibilité dite esthétique, dans l'ordre de la sensation, dans l'ordre sentimental, dans l'ordre de l'intelligence technicienne, dans l'ordre des rythmes. Il a montré les apories de la sensibilité lorsqu'elle s'engage dans l'art; et la nature instable, fragile paradoxale de ses entreprises. Mais cette sensibilité est un paradoxe surmonté : sa nature même, contradictoire, lui permet d'approfondir et de creuser d'un même élan le sens humain, d'une part, et, d'autre part, une certaine forme du réalisme. »

Dans la discussion, l'artiste peintre Albert Gleizes opine que sous le mot de sensibilité l'on doit chercher l'art de se faire soi-même qui est avant l'art de s'exprimer et à ce titre la sensibilité relie la mémoire aux sensations; la cadence et le rythme, qui ne sont pas tout à fait la même chose, jouent en ce cas un rôle plus important et il rapporte des anecdotes qui confirment son opinion.

M. Bastier ne voudrait pas qu'on sépare la sensibilité intime et la sensibilité expressive et il rappelle que des grands écrivains comme Mérimée et Victor Hugo s'imposaient des attitudes d'indifférence apparente qui rehaussait la valeur de leurs expressions. M. Charmet en considérant les différentes manifestations de la sensibilité artistique aux différentes époques, souligne le grand écart entre la sensibilité au sens d'irritabilité nerveuse et le tempérament artistique. Jules de Gaultier et H. Berr recherchent l'origine et le caractère essentiel de l'art dans la pratique du jeu; R. Bayer en convient, mais en affirmant que l'Art est un jeu très sérieux.

La sensibilité dans l'histoire et les « courants » collectifs de pensée et d'action a été le thème traité par Lucien Febvre (Collège de France) qui a commencé par s'élever contre une opinion très accréditée, que l'histoire doit être un domaine fermé aux investigations sur la psychologie, tant personnelle que collective et ne doit être développée qu'en s'appuyant sur la considération des faits contrôlables et des institutions dûment documentés. En ayant rappelé que la signification du mot « sensibilité » a beaucoup changé avec le temps et n'est pas dans le dictionnaire des synonymes de l'abbé Girard, telle que l'entendait J. J. Rousseau par exemple. Il reconnaît qu'en fait de sensibilité il doit être surtout question d'émotion, ce qui serait éminemment personnel, si ce n'était qu'il faut considérer la contagion et la suggestion des sentiments en contraste avec les attitudes intellectuelles; et d'ailleurs il n'y a de sensibilité ou de sentimentalité qui ne soit elle-même contrastée, au point que la charité coexiste avec la cruauté dans la conscience des hommes de toutes les époques et surtout au moyen âge. L. Febvre souhaiterait une vaste enquête, en vue d'une histoire de l'évolution sentimentale de l'Humanité, sans toutefois admettre que la différence soit tranchée d'époque à époque et surtout avec souci de ne pas glisser dans l'Histoire romancée et anecdotique. Il termine en faisant allusion aux états d'âme collectifs d'hallucination et de soumission qui se manifestent chez certains peuples de notre temps.

Dans la discussion, Louis RÉAU, en qualité d'historien de l'Art, note que le folklore révèle la sensibilité de chaque époque sans qu'on puisse admettre qu'aucune époque n'ait en propre une forme de sensibilité spéciale. M. COUTROT souhaite une histoire qui mette en relief les rapports entre la rationalité et la sensibilité et fait allusion à l'efficacité de quelques procédés de la technique, dans la propagande politique et dans la réclame commerciale. M. CHARMET relève les liens entre les études sur la sensibilité affective et celles sur la mentalité primitive et conclut qu'il ne peut être question d'étouffer la sensibilité émotive, mais de l'orienter vers des buts, aussi bien vers les buts idéaux que vers les buts pratiques.

Le mécanisme physique de la sensibilité du système nerveux a été traité par Louis LAPICQUE professeur honoraire de physiologie à la Faculté des Sciences, dont la notoriété mondiale se justifie par des découvertes capitales dans l'étude de ces questions. Il reconnaît que la sensibilité relie inséparablement la psychologie des faits de conscience et subconscience avec la physiologie concernant surtout le fonctionnement du système nerveux et les modalités de la réaction durant l'influx nerveux. Dans ce dernier cas, il n'y a de sensibilité, ou à proprement parler d'irritabilité, qui ne soit une propriété cellulaire; il décrit l'embryogénie, l'histologie et l'anatomie du système nerveux, en insistant sur l'intercommunication entre toutes les cellules nerveuses, cérébrospinales, sympathiques et sensori moteur; ce en quoi réside cette sensibilité totalisatrice qui donne le sentiment de l'individualité. Ce n'est qu'après avoir été questionné à ce propos que L. LAPICQUE expose brièvement ses découvertes personnelles sur la *chronaxie* qui est la durée de l'excitation électrique, différente dans les fibres musculaires et les fibres nerveuses, différente aussi dans les muscles fléchisseurs et dans les muscles extenseurs, variable comme Mme LAPICQUE l'a découvert, après des lésions plus ou moins profondes du système nerveux central et par influence des narcotiques et des excitants; comme aussi de la possibilité d'établir des relations entre les réflexes conditionnels et la chronaxie.

Dans la discussion, H. PIÉRON note que l'influx nerveux, est, somme toute, un courant électrique. M. COUTROT a rappelé des faits concernant la physiologie comparée de la sensibilité chez les animaux dépourvus de système nerveux différencié. J. ULLMO demande si la propagation de l'influx nerveux et la contraction musculaire sont des phénomènes qui se passent à l'échelle moléculaire ou à celle électronique. G. MALFITANO opine que la matière nerveuse doit être constituée d'anions micellaires volumineux compensés par des cations atomiques, alcalins et alcalino-terreux, dont la proportion, étant variable, a une influence considérable sur l'irritabilité nerveuse. Louis LAPICQUE conclut qu'en effet l'influx nerveux ressemble à un transport d'ions et que tous les traitements chimiques qui altèrent la qualité et la quantité des ions modifient profondément les modalités de l'excitation nerveuse.

La sensibilité chez l'animal supérieur et l'animal inférieur a été traité par Louis VERLAINE (Université de Liége) dans une communication très nourrie de considérations théoriques et d'expériences personnelles il a lui-même résumé l'idée maîtresse en ces mots : « Chez l'animal toute conduite qui intéresse la vie de relation semble bien constituer un phénomène distinct de tous les autres phénomènes, par le polymorphisme remarquable qui affecte la cause et l'effet dont elle est constituée dans la succession de ses répétitions. Nous ne parvenons donc à dire d'une conduite quelconque qu'elle se répète — ce qui revient à la traduire en une relation de cause à effet assujettie à la loi de causalité efficiente stricte — qu'en nous servant dans chaque cas particulier de *concept* de cause et d'effet particulier. Et nous sommes nécessairement entraînés à attribuer la détermination des conduites à certaines formes de la sensibilité qui sont analogues aux concepts dont nous nous servons. Le polymorphisme des conduites devient donc le critère objectif de la sensibilité. Mais il n'est le critère objectif que d'une seule forme de la sensibilité, la représentation symbolique. Il n'y a pas de différences de degré entre les conduites dites instinctives ou intelligentes de tous les niveaux de l'échelle zoologique, entre les formes de la sensibilité au moyen desquelles nous parvenons à les décrire. Ramené à ce qu'il a d'essentiel, le phénomène appelé conduite ne paraît pas actuellement réductible à aucun autre phénomène.

Dans la discussion M. SERRUS note que l'étude de l'instinct prouve l'inexplicabilité des conduites animales. J. ULLMO pose la question si dans ses recherches sur les abeilles, L. VERLAINE a pu constater que l'invention accompagne l'instinct et le conférencier répond qu'il ne lui semble pas qu'il faille parler d'invention en ce cas, mais il a constaté des changements très importants dans les conduites du fait d'avoir remplacé les reines. A. D. TOLÉDANO demande comment peut-on expliquer l'étonnante sensibilité des insectes à l'odeur de matières situées très loin et H. BERR demande ce qui peut préexister chez l'animal qui détermine la conduite automatique. L. VERLAINE répond qu'on ne peut expliquer grand'chose en ces cas et qu'il faut surtout tenir compte des dispositions congénitales.

La sensibilité dans la plante a été traitée par Pierre CHOUARD professeur au Conservatoire des Arts et Métiers; ce savant à la fois circonspect et enthousiaste, a commencé par nettement différencier la sensibilité animale qui va jusqu'au psychisme, nous entraînant à des explications anthropomorphiques et la sensibilité végétale ayant un caractère éminemment humoral, susceptible d'explication histo-physiologiques d'où l'on peut éliminer, autant qu'il se peut, l'anthropomorphisme. Il rappelle toutefois que dans les réactions des plantes aux stimulations susceptibles de mesures, la loi de Weber sur le seuil

de l'action efficace s'applique comme chez les animaux. P. CHOUARD expose d'une manière très saisissante les exemples les plus importants de la sensibilité végétale : celle des plantes et des microbes qui réagissent différemment à l'action d'isomères chimiques, très proches, celle du phototropisme qui, de négatif devient positif ou vice versa, suivant l'intensité de la lumière; celles ayant comme mécanisme de gonflement de certains tissus et qui produisent des mouvements d'ouverture et de fermeture des pétales des fleurs suivant l'heure du jour; les exemples de la *Mimosas pudica*, de la *Drozera*, de la *Dionée*, qui réagissent à des attouchements; toutes ces réactions sont d'ailleurs variables suivant les conditions du milieu, au point que certaines formes de phototropismes peuvent être déclanchées ou retardées par des dyssimétries spatiales non lumineuses et certaines réactions ayant été empêchées se produisent spontanément et avec retard lorsque la stimulation et l'empêchement sont supprimés, ce qui a l'apparence de la mémoire. Une considération toute spéciale doit être accordée à l'action des oxines qui sont des hormones favorables ou même indispensables au développement des jeunes pousses, activité qui a été étudiée en décapitant les coléoptiles de l'avoine en germination dont on retire une substance soluble dans la gélatine et qui détermine l'allongement et la prolifération cellulaire, d'ailleurs soumise aux variations chimiques et physiques du milieu. La pratique de la bouture et de la greffe est explicable et susceptible de perfectionnement selon ces connaissances nouvellement acquises. Enfin, la mutation de certaines plantes avec apparition d'espèces nouvelles sous l'action de certaines radiations auxquelles ces plantes ne sont pas accoutumées, dénotent le rôle essentiel et intime de la sensibilité végétale.

Dans la discussion, Louis LAPICQUE note, ce à quoi P. CHOUARD consent, que la sensibilité qui se manifeste par l'accroissement, intéresse la nutrition de la plante, et que les réactions des végétaux n'étant pas dues à un système nerveux, mais à des modifications humorales, ne sont pas des réflexes, comme chez les animaux. Jules de GAULTIER demande si en raison de l'impossibilité de poser des barrières infranchissables il ne faudrait pas accorder aux plantes une certaine sensibilité affective et une rudimentaire sensibilité à la souffrance; mais de cela, CHOUARD ne peut convenir, surtout parce que la plante n'est pas un individu mais plutôt un ensemble d'organes et que sa sensibilité reste localisée aux organes lésés.

Les actions mutuelles dans le monde physique ont été traitées par Pierre AUGER, dans la dernière séance présidée par Paul LANGEVIN. Pour répondre aux remarques préliminaires de H. BERR, concernant les résonances mutuelles grâce auxquelles les êtres réels participent de la même existence universelle, P. LANGEVIN précise qu'en Physique, il ne peut être question que de ces interactions susceptibles de mesures de plus en plus exactes et il cite les cas les plus remarquables dans lesquels on a pu déterminer les quantités minima de matière et d'énergie perceptibles à nos organes sensoriels : une amplitude de variation de pression d'un milliardième d'atmosphère suffit pour provoquer la sensation auditive; de 3 à 5 millionième d'ergs, ce qui correspond à quelques dizaines jusqu'à la centaine de photons, suffisent pour la visibilité; comme aussi de dix à cent molécules suffisent à provoquer la sensation olfactive et quelques milliardièmes d'ergs constituent le minimum pour l'excitation d'un nerf sensori-moteur. Après ces considérations qui rattachent la physiologie à la physique P. AUGER traite des appareils de physique qui augmentent d'une manière étonnante la sensibilité directe et il expose surtout le fonctionnement de la chambre de Wilson dans laquelle la trajectoire d'un seul corpuscule ou d'un seul ion devient perceptible comme un fil blanc. L'on a pu ainsi constater qu'une paire d'ions par c.c. et par seconde se forment par action de différentes radiations dans l'atmosphère. Après avoir supprimé toutes les autres causes d'ionisation, on a dû admettre l'existence de rayons cosmiques qui sont probablement des corpuscules lancés à des vitesses voisines de la vitesse de la lumière et dont le choc sur les noyaux d s atomes provoque leur désagrégation comparable à une vaporisation avec formation de nouveaux corpuscules qui provoquent, à leur tour, d'autres désagrégations. Enfin, P. AUGER envisage la possibilité d'expériences qui montreront l'influence des rayons cosmiques sur les réactions physico-chimiques, ce qui serait l'exemple de la plus extrême sensibilité. Dans la discussion, E. BAUER note que, selon les résultats les plus récents, un seul photon serait suffisant à provoquer une sensation lumineuse.

La conclusion que H. BERR croit s'imposer d'après les communications faites durant cette Semaine, c'est que entre la sensibilité propre à l'esprit humain et celle propre à un atome matériel, il doit y avoir une nature commune dont la connaissance, lorsqu'elle sera mieux dégagée des expériences, constituera le fondement d'une véritable synthèse des sciences de l'Humanité et des sciences de la Nature. Mais Paul LANGEVIN, sans rabaisser la valeur de telles anticipations, estime que cependant, il faut éviter certaines analogies purement verbales et que scientifiquement le passage de la sensibilité énergético-matérielle à la sensibilité physiologique et ensuite à la sensibilité psychologique, est marqué par des degrés nettement distincts de la complexité croissante, expérimentalement démontrée dans la structure de la matière.

G. MALFITANO.

REVUE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

TRANSMUTATIONS PRODUITES PAR LES NEUTRONS LENTS ET DYNAMIQUE NUCLÉAIRE DE BOHR

SOMMAIRE. — 1. Généralités. — 2. Dynamique nucléaire de Bohr. — 3. Effets et groupes de résonance. — 4. Diffusion dans les substances hydrogénées. — 5. Eléments transuraniens. — 6. Diffraction neutronique. — 7. Moment magnétique du neutron. — 8. Applications médicales et biologiques.

1. **Généralités.** — Les transmutations provoquées par les neutrons[1] lents ont joué un rôle essentiel dans l'évolution des nouvelles idées concernant la constitution du noyau atomique. Les types de réactions produites par les neutrons lents sont au nombre de quatre : Trois donnent naissance à des particules (hélions, protons, neutrons) suivant les réactions[2] :

$$(Z, A) + {}^1_0 n = (Z-2, A-3) + {}^4_2\alpha,$$
$$(Z, A) + {}^1_0 n = (Z-1, A) + {}^1_1 p,$$
$$\text{et } (Z, A) + {}^1_0 n = (Z, A-1) + 2\,{}^1_0 n ;$$

le quatrième, capture simple du neutron incident, est accompagné d'émission de rayon γ suivant le schéma,

$$(Z, A) + {}^1_0 n = (Z, A+1) + h\nu.$$

Après la découverte, due à I. Curie et F. Joliot, de la radioactivité artificielle sous l'action d'hélions, Fermi et son école ont réussi à activer un grand nombre d'éléments en les bombardant avec des neutrons lents[3]. Le neutron étant en effet dépourvu de charge électrique n'est pas arrêté par la crête de potentiel électrique qui entoure les noyaux, d'où probabilité de pénétration dans l'édifice nucléaire plus grande et efficacité de transmutation consécutive accrue. En outre, l'étude des radioactivités provoquées par ces neutrons pouvant s'effectuer en l'absence de la source, elle s'est révélée simple et sûre. Par ailleurs les réactions de capture simple fournissent les renseignements les plus directs sur la structure nucléaire précisément parce que les résultats ne sont pas influencés par l'existence desdites barrière, de potentiel coulombiennes.

Les trois transmutations qui engendrent une radioactivité artificielle dans la plupart des éléments sont les réactions du type (n, α), (n, p) $(n, 2n)$ et (n, γ). Elles conduisent presque toutes à une radioactivité β (émission de e^-). L'isotope actif est toujours plus lourd que les istopes stables de l'élément activé; dans quelques cas, la même activité est provoquée par les trois processus à la fois. Dans de nombreux cas, une analyse chimique a pu montrer la nature du radio-élément produit; dans d'autres, il a suffi de déterminer la période radioactive pour l'identifier.

Les neutrons sont engendrés lors de la transmutation de certains éléments légers tels que Be, Li et B. Une capsule scellée contenant du Be finement divisé et du Rn constituent une *source normale de neutrons*. Le rendement de cette réaction $(\mathrm{Be} + \alpha = \mathrm{C} + n)$ est toutefois faible. Les deutérons (noyaux d'hydrogène lourd) artificiellement accélérés au moyen de tensions élevées

1. Rappelons que le neutron est un corpuscule non chargé, de masse voisine de celle du proton et obéissant à la statistique de Fermi-Dorac.

2. Nous désignerons par la suite un noyau de nombre atomique Z et de nombre massique (entier le plus voisin de la masse) A par le symbole (Z,A). L'astérisque indiquera un noyau instable. L'indice supérieur à gauche d'un symbole chimique signifiera le nombre massique, l'indice inférieur à gauche, le nombre atomique. $n =$ neutron, $\beta = e^- =$ électron négatif, $e^+ =$ positon, $\gamma =$ rayon γ, $\alpha =$ hélion (particule α), $p =$ proton. Dans les symboles (n, α), etc., la première lettre indiquera l'agent de bombardement et la seconde, le produit de transmutation.

3. On dit en général qu'une particule nucléaire est lente lorsque la longueur d'onde de l'onde de deBroglie associée est petite vis-à-vis du rayon nucléaire. Par neutrons lents on entend en particulier les neutrons dont l'énergie est comprise entre l'énergie d'agitation thermique $kT = 1/40$ d'e. V. et quelque milliers d'e V. L'on se procure les neutrons lents en entourant la source neutronique avec des substances hydrogénées telles que paraffine, eau, etc. L'effet d'une telle substance consiste en ceci que par suite de leurs chocs contre les protons de celle-ci, les neutrons sont considérablement ralentis (effet protonique). Il résulte en effet des lois classiques du choc, que l'énergie cinétique qu'un neutron de masse M_1 peut transférer à une autre particule de masse M_2 au cours d'un choc central, est $4M_1M_2/(M_1 + M_2)^2$. L'énergie cinétique ainsi communiquée est très faible si $M_1 < M_2$ (choc entre neutron et noyau lourd) ou si $M_2 < M_1$ (choc neutron-électron) ; elle est maximum lorsque $M_1 \approx M_2$ (choc neutron-proton).

et irradiant du Li ou du B, constituent une source neutronique beaucoup plus abondantes.

L'on se sert de trois *méthodes* pour l'*observation* des neutrons : 1° méthode des détecteurs (ou révélateurs). Les neutrons irradient une substance appropriée dite détectrice ou révélatrice (Rh, I, Ag, etc.) qui s'active sous l'action de cette irradiation suivant la réaction de capture :

$$(Z, A) + n = (Z, A+1)^*,$$

$$(Z, A+1)^* \rightarrow \begin{cases} \text{soit } (Z+1, A+1) + e^- \\ \text{soit } (Z-1, A+1) + e^+ \text{ (rare).} \end{cases}$$

Exemple : ${}^{107}_{47}Ag + n = {}^{108}_{47}Ag^*$, ${}^{108}_{47}Ag^* \rightarrow {}^{108}_{47}Cd + e^-$.

Cette activité peut se mesurer à l'aide d'un compteur Geiger-Müller ou d'une chambre d'ionisation. 2° Méthode de la chambre d'ionisation revêtue de Li ou de B, ou encore remplie de gaz BF^3. Les neutrons à étudier y donnent naissance aux réactions suivantes :

$${}^6_3Li + n = {}^3_1H + \alpha \text{ et } {}^{10}_5B + n = {}^7_3Li + \alpha.$$

La chambre d'ionisation est reliée à un amplificateur proportionnel et les hélions de transmutations sont enregistrées sur un film en mouvement. 3° Observation des rayons γ de capture : on irradie une couche de substance appropriée, par exemple une couche de paraffine, avec les neutrons à étudier et l'on observe, au moyen d'un compteur, les quanta γ émis par cette substance. Pour la paraffine, l'équation de réaction est :

$${}^1_1H + n = {}^2_1H + \gamma.$$

Peu après la découverte des réactions de capture neutronique, Fermi et ses collaborateurs ont constaté que l'efficience des neutrons pour la production de la radioactivité artificielle était notablement accrue par leur ralentissement dans une substance hydrogénée. A la suite de ces travaux, divers auteurs ont montré que la capture de neutrons lents par les divers éléments absorbants n'a pas toujours lieu pour des énergies neutroniques minimums. Au contraire, pour certains noyaux, la capture ne se produit que dans des intervalles d'énergie relativement étroits et bien déterminés (dits bandes d'absorption). Ainsi le Cd ne capture que les neutrons les plus lents, dits thermiques, d'environ 0,03 e V.; l'I par contre n'absorbe que les neutrons dont l'énergie est comprise dans une bande large de 10 e V, et située à 30 e V. La découverte de cette absorption sélective des neutrons a ouvert un nouveau champ aux recherches et a conduit à la dynamique nucléaire de Bohr.

Divers théoriciens ont en effet tenté d'interpréter théoriquement l'existence des grandes sections efficace[4] de capture et leur répartition fortuite chez les éléments en traitant l'interaction noyau-neutron comme un problème quantique de deux corps, le neutron (premier corps) étant supposé se mouvoir dans le champ du noyau (2° corps) représenté par un trou de potentiel[5]. Si la longueur d'onde associée du neutron incident se trouve être correctement accordée aux dimensions de ce trou de potentiel, il se produira une résonance et la probabilité de capture sera très grande. Comme les rayons des noyaux lourds sont de l'ordre de 10^{-12} cm. et que la longueur d'onde d'un neutron de 10^6 eV est aussi de l'ordre de 10^{-12} cm., de telles résonances se produiront, mais leur nombre sera faible à cause de la profondeur limitée du trou de potentiel. Cette théorie mène toutefois inévitablement à cette conclusion que la section de capture varie en raison inverse de la vitesse v des neutrons. Or, cette loi en $1/v$ est en désaccord avec les phénomènes d'absorption sélective. En plus, la théorie prévoit qu'une grande section de capture est toujours accompagnée d'une forte section de diffusion, contrairement à l'expérience.

Voici donc, en résumé, l'état de choses avant l'avènement de la nouvelle dynamique nucléaire : 1° les noyaux capturent les neutrons lents soit par absorption simple avec formation d'un isotope stable ou radioactif soit avec émission d'une particule chargée (B, Li, N); 2° Les sections d'absorption varient beaucoup et de manière apparemment fortuite d'un élément à l'autre et elles sont souvent énormément plus grandes (atteignant 10^{-20} cm^2) que les sections géométriques des noyaux ($\sim 10^{-24}$ cm^2). La loi de variation de la section d'absorption en fonction de la vitesse change d'un élément à l'autre; 3° Des grandes sections d'absorption ne sont pas accompagnées de fortes sections de diffusion; 4° Enfin la théorie quantique dans laquelle le noyau (schématisé par un trou de potentiel) et le neutron sont traités comme un système composé seulement de deux corps est impuissante à rendre compte des faits observés.

2° **La dynamique nucléaire de Bohr.** — Bohr a montré le premier que la réaction noyau-

4. Rappelons que si I_0 est le flux de neutrons incidents par sec et par cm^2, le nombre n de réactions de transmutation se produisant dans une couche irradiée d'épaisseur Δ contenant N noyaux percutés par cm^3, la section (efficace) de transmutation (capture, etc.) s sera définie par la relation $n = I_0 . s . N \Delta$. Cette probabilité de transmutation s a les dimensions d'une aire, d'où le nom de section efficace (exprimée en cm^2).

5. Un trou de potentiel représente une énergie potentielle noyau-neutron ayant une valeur nulle jusqu'à une certaine distance (rayon nucléaire) et une valeur négative constante à partir de ce rayon.

neutron — et plus généralement noyau percuté — particule incidente (transmutation, capture, etc.) — traitée auparavant du point de vue d'un système à deux corps doit au contraire être envisagée comme un problème concernant un système quantique composé de particules nombreuses (problème de n corps) dans lequel on tient compte de l'échange d'énergie entre les divers constituants nucléaires. Pour mettre en relief les différences essentielles entre les propriétés dynamiques des noyaux (problème de n corps) et celles des systèmes atomiques (problème de deux corps), considérons d'abord le choc entre un atome et un électron. Notons tout d'abord que les constituants nucléaires (protons et neutrons) sont concentrés dans des espaces beaucoup plus réduits que ce n'est le cas pour les atomes [6]. Il s'ensuit immédiatement que dans l'atome, les mouvements des électrons peuvent être traités, en première approximation, comme indépendants les uns des autres (champ de Hartre); dans les noyaux, surtout lourds, au contraire, le couplage entre les divers constituants est si fort qu'aucune approximation de ce genre n'est possible. L'interaction entre l'électron incident et les électrons de l'atome sera donc faible et il sera relativement rare que l'électron, en traversant l'atome, communique de l'énergie à un électron de celui-ci. En d'autres termes, les collisions non élastiques (c'est-à-dire avec perte d'énergie) sont peu probables. Dans la plupart des cas, l'électron incident traversera l'atome sans interagir avec ses électrons et sans perdre de l'énergie : il sera simplement dévié par le champ de force moyen régnant dans l'atome (diffusion élastique). En outre, le temps que l'électron incident passera dans l'atome étant de l'ordre du diamètre atomique divisée par sa vitesse, la probabilité d'émission de lumière sera faible. Ainsi les chocs atomiques seront caractérisés : 1° par une forte diffusion élastique; 2° par une diffusion non élastique plus faible et 3° par une très faible probabilité de rayonnement photonique.

Si, au contraire, une particule frappe un noyau, il lui est impossible de traverser celui-ci sans percuter les constituants nucléaires individuels, car la distance moyenne entre ceux-ci est du même ordre de grandeur que le rayon d'action des forces nucléaires [7]. Une particule incidente qui passe entre deux constituants nucléaires doit donc nécessairement interagir avec ceux-ci. Elle perdra par suite une fraction de son énergie aussitôt qu'elle pénètrera dans l'édifice nucléaire en la communiquant aux diverses particules nucléaires. Au fur et à mesure que la particule avance, il y a dissipation graduelle de son énergie parmi les constituants nucléaires, et, finalement, l'énergie concentrée initialement sur la particule incidente sera distribuée parmi toutes les particules du système constitué par le noyau percuté et la particule incidente, système que Bohr appelle système ou noyau composé et qu'on pourrait aussi qualifier de système transitoire ou intermédiaire. Dans l'esprit de Bohr, la première phase d'une collision nucléaire consiste donc en la formation d'un système intermédiaire semi- ou métastable, constitué par le noyau initial et la particule incidente. L'excès d'énergie apporté par celle-ci est supposé accumulé temporairement sur quelque mouvement collectif complexe de tous les constituants du système composé. La désintégration ultérieure de celui-ci, associée à l'émission d'une particule élémentaire ou complexe peut, de ce point de vue, être conçue comme un événement séparé, non directement liée à la première phase du processus de collision. Ceci revient à dire que le résultat final du choc nucléaire sera l'issue d'une sorte de compétition entre les divers processus de désintégration et de rayonnement possibles du système transitoire, compatibles avec les lois de la conservation de l'énergie et de l'impulsion.

Un modèle classique simple, dû à Bohr, illustrera à merveille le type de mouvement collectif en question. Une cuvette peu profonde creusée dans une table contient un certain nombre de boules de billards. Si la cuvette était vide, une boule incidente suffisamment rapide la traverserait en en descendant une pente et en en remontant une autre en conservant sa vitesse initiale mais en subissant une déviation de direction (diffusion élastique idéale par un trou de potentiel). Lorsque toutefois la cuvette renferme d'autres boules, la boule incidente ne pourra plus passer librement, mais partagera son énergie cinétique d'abord avec la première boule rencontrée, ces deux boules partageront à leur tour, leur énergie avec d'autres et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'énergie cinétique initiale soit uniformément répartie sur toutes les boules. Si la cuvette et les boules étaient parfaitement lisses et élastiques, il arriverait tôt ou tard un moment où une fraction suffisamment grande de l'énergie incidente se trouverait par hasard de nouveau concentrée sur une boule voisine du bord de la cuvette. Cette boule s'échapperait alors de celle-ci.

Dans le cas du noyau, la particule émise n'est pas nécessairement identique à la particule inci-

6. Comme le diamètre atomique est de l'ordre de 10^{-8} cm et celui du noyau, de l'ordre de 10^{-12} cm, la densité du noyau contenant pratiquement toute la masse de l'atome est $[10^{-8}/10^{-12}]^3 = 10^{12}$ (mille billions de) fois plus grande que celle de l'atome. Le poids d'une balle de tennis de cette matière nucléaire dépasserait cent millions de tonnes !

7. Cf. T. Kahan, *Revue de Physique nucléaire* de 1938 in *Revue Générale des Sciences* des 15 et 31 janvier 1938.

dente, et même si elle est de même espèce, l'énergie sera en général partagée entre la particule émise et le noyau résiduel, en d'autres termes, le noyau résiduel peut rester dans un état excité. On ne peut parler de choc (ou de diffusion) élastique que si la particule émise est de la même espèce que la particule incidente et si l'état énergétique du noyau percuté n'est pas changé. Il va de soi qu'un choc élastique ne représente qu'un cas très particulier et ne sera, pour cette raison, qu'un événement rare comparé aux autres types possibles de collision non élastique (excitation du noyau, émission d'une particule d'espèce différente, etc.). Il est en outre évident que, à cause des chocs multiples, le temps que la particule passera dans l'édifice nucléaire sera relativement long, de plusieurs ordres de grandeurs supérieur au temps que celle-ci mettrait pour traverser le noyau en ligne droite sans perte de vitesse. Ceci permet au système composé d'émettre son excès d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique (photons γ). Les traits propres à une réaction nucléaire seront donc, d'après les idées de Bohr : 1° une très faible probabilité de diffusion élastique; 2° une probabilité beaucoup plus grande de transmutation, et de diffusion non élastique, et 3° une probabilité relativement élevée d'émission de rayons γ.

Cette interprétation des processus nucléaires montre que l'état correspondant à la phase principale de la réaction peut être caractérisé comme un état quasi-stationnaire ou virtuel du noyau transitoire ou composé. Celui-ci existera pendant un laps de temps très grand (de l'ordre de 10^{-14} sec.) comparé à la « durée nucléaire » définie par le rapport du rayon nucléaire à la vitesse moyenne des particules nucléaires (durée de l'ordre de 10^{-22} sec.). Toute la théorie des réactions nucléaires se ramène ainsi à une théorie des états virtuels (niveaux énergétiques) du système transitoire ainsi qu'au calcul des transitions de ces états à d'autres où un ou plusieurs constituants sont séparés du reste. Le processus de choc sera donc conforme au schéma suivant : noyau initial + particule incidente → noyau composé → noyau final (ou résiduel) + particules émises.

Il est caractérisé par une double transition alors que le choc atomique consiste en une transition directe de l'état initial à l'état final.

En fait, par suite du grand nombre de constituants nucléaires, la répartition des niveaux énergétiques d'un noyau se rapprochera de celle des états quantiques d'un corps solide où l'énergie d'excitation (chaleur) est distribuée sur les vibrations élastiques du corps pris dans son ensemble (participation de tous les constituants au mouvement collectif). Dans les atomes, en raison du couplage faible entre les électrons individuels évoluant dans le champ coulombien du noyau, l'excitation de l'atome peut, en général, être attribuée à un niveau quantique élevé d'une seule particule. Il en va tout autrement dans le noyau où un grand nombre de constituants sont excités à la fois[8].

La discussion précédente est entièrement basée sur l'aspect corpusculaire des phénomènes. Or, en réalité, les particules incidentes et les noyaux percutés présentent des propriétés ondulatoires; aussi doit-on s'attendre à l'apparition de phénomènes de résonance. Si en effet l'énergie de la particule incidente est telle que l'énergie totale du système est précisément égal (ou à peu près égal) à l'un des niveaux énergétique du noyau transitoire (résonance!), la probabilité de formation (ou section efficace de capture) de ce noyau composé sera naturellement beaucoup plus grande que lorsque l'énergie des constituants en jeu tombe dans la région comprise entre deux tels niveaux de résonance. Il se produira donc des fluctuations caractéristiques, en fonction de l'énergie, dans le rendement de toute réaction nucléaire : ce rendement (nombre de réactions effectives/nombre d'agents de bombardement) sera très grand pour les énergies de résonance et faibles entre les niveaux de résonance. Ces phénomènes de résonance sont les plus prononcés avec les neutrons lents, mais ils ont été également observés lors de la capture des protons et des hélions. On observe ainsi des bandes d'absorption par résonance dont la largeur [9] et l'espacement correspondent à la largeur et à l'espacement des niveaux énergétiques du noyau composé. On conçoit donc aisément que leur étude présente une importance capitale en physique nucléaire.

Tout comme la largeur naturelle d'un niveau électronique excité de l'atome est reliée à sa durée de vie moyenne, c'est-à-dire à la probabilité d'émission de la lumière [10], la largeur du niveau du

8. On peut aussi recourir, avec Frenkel, Bohr et d'autres, à des analogies thermodynamiques pour la discussion des propriétés du noyau composé. En particulier, l'émission d'un neutron présente une analogie très suggestive avec l'évaporation d'un corps liquide ou solide à basse température. En fait, il a été possible d'évaluer la « température » du noyau transitoire qui conduit à des probabilités d'évaporation pour les neutrons, compatibles avec les données expérimentales.

9. Définie comme l'intervalle d'énergie, dans lequel la section de capture est égale ou supérieure à la moitié de sa valeur maximum.

10. En vertu de la relation d'incertitude de Heisenberg, en effet, $\Delta E.T \gtrsim h$ d'où $\Delta E \gtrsim h/T = h\Gamma$ où ΔE est l'imprécision de l'énergie du niveau ou sa largeur, T la durée de vie moyenne et $\Gamma = 1/T$ la probabilité d'émission du rayonnement. La largeur dont il est question ici sera par définition $\Delta E/h = \Gamma$.

noyau transitoire sera donnée par la probabilité totale d'émission de particules de toutes sortes (neutrons, hélions, photons, etc.), c'est-à-dire par la somme des largeurs partielles qui représentent les probabilités d'émission de ces particules.

Lorsque la largeur nutronique Γ_n est faible comparée à la somme Γ de toutes les largeurs partielles (c'est-à-dire lorsque la probabilité de la réémission d'un neutron est faible vis-à-vis de celle d'un photon, ..., etc.), et si le neutron est capturé dans un état S ($l = 0$), Breit et Wigner ont montré indépendamment des idées de Bohr, que la section efficace de capture pour un neutron d'énergie cinétique E prend la forme (cas d'un seul niveau de résonance),

$$(1) \qquad S_{cap} = \frac{\hbar^2}{8\pi M\sqrt{E.E_r}} \cdot \frac{\Gamma_n \Gamma}{(E - E_r)^2 + \Gamma 2/4}.$$

De même, la section de diffusion (ou de réémission) sera :

$$(2) \qquad S_{diff} = \frac{\hbar^2}{8\pi ME_r} \cdot \frac{\Gamma_n^2}{(E - E_r)^2 + \Gamma^2/4}$$

où M est la masse du neutron, et E_r, l'énergie de résonance (énergie de l'état quasi-stationnaire du noyau composé).

Ces formules qui présentent une similitude remarquable avec les formules de dispersion optique montrent combien il est difficile de séparer, dans les réactions par résonance, la probabilité de formation du noyau transitoire, des probabilités des processus de désintégration ou d'émission photonique en compétition. La variation des sections efficaces avec Γ_n et Γ montre en effet comment ces probabilités influent sur le degré de résonance réalisable et, de ce fait, sur la probabilité de formation du noyau composé.

Pour la résonance exacte, $E = E_r$ et (1) et (2) se réduisent à :

$$(3) \quad S_{cap} = \frac{\hbar^2}{2\pi ME_r} \frac{\Gamma_n}{\Gamma} \text{ et } (3) \quad S_{diff} = \frac{\hbar^2}{2\pi ME_r} \cdot \left(\frac{\Gamma_n}{\Gamma}\right)^2.$$

Notons que l'expression (1) relative à la section de capture, renferme, en plus du facteur de résonance, aussi le facteur $1/\sqrt{E}$. Les effets de résonance sont donc superposés à une variation suivant $1/v$ de la section d'absorption avec la vitesse v. Il en résulte que pour des énergies E faibles par rapport à l'énergie de résonance E_r ou par rapport à la largeur de résonance Γ, le facteur en $1/v$ sera dominant. Pour B et Li qui émettent des hélions après capture des neutrons lents, la bande de résonance est si large que la loi en $1/v$ doit rester valable jusqu'à quelques milliers d'eV, mais pour les noyaux lourds, avec leurs nombreux niveaux étroits et très serrés, le facteur de résonance l'emportera pour des énergies de l'ordre de quelque eV (et parfois au-dessous de un eV) du neutron incident. L'analyse approfondie montre que pour ces noyaux lourds, Γ_n est de l'ordre de 10^{14} sec^{-1} et que le rapport S_{cap} / S_{diff} est de l'ordre de 10^3 pour les neutrons d'énergie thermique (§ 3).

La dynamique nucléaire de Bohr semble donc capable de lever les graves difficultés rencontrées par la théorie des deux corps, car elle interprète avec succès les phénomènes de capture sélective en termes de niveaux énergétiques de résonance, et elle explique en plus pourquoi le phénomène de capture l'emporte de beaucoup sur le phénomène de diffusion.

3. Effet de résonance. Groupes de neutrons. Sélecteur de vitesse mécanique. — Certains éléments on l'a vu, absorbent sélectivement des neutrons de certaines vitesses; c'est-à-dire que les neutrons qui rendaient radioactif un élément sont très peu efficaces pour en activer un autre et vice-versa. C'est ainsi que si l'on filtre des neutrons lents par une feuille d'Ag, un certain intervalle de vitesse se trouve par la même éliminé. Si l'on utilise donc l'Ag comme détecteur derrière la feuille, on constate une activité relativement faible, car le détecteur est sensible précisément aux vitesses qui sont éliminés par filtrage. Si l'on substitue par contre, une feuille de cuivre au filtre (absorbant) ou au détecteur, le détecteur révèlera une activité beaucoup plus grande. Comme il en est ainsi pour chaque couple d'absorbant et de détecteur[11], il en résulte que des éléments différents absorbent différentes parties du spectre de vitesse des neutrons. Les neutrons fortement absorbés par Cd sont dits groupe C (Cd = cadmium), le terme groupe signifiant bande d'absorption. Cette bande d'absorption du Cd couvre la région des vitesses d'agitation thermique.

Les courbes d'absorption relatives à Ag, relevées avec un détecteur en Ag sur des neutrons préalablement filtrés par Cd ont pu d'ailleurs être décomposés par Fermi et Amaldi en deux composantes distinctes : groupe A, avec un coefficient d'absorption de 20 cm²/g, et groupe B, dont le coefficient est 0,3 cm²/g, l'un et l'autre étant supérieur à celui correspondant au groupe C.

Des bandes d'absorption sélective de ce genre existent dans un grand nombre d'éléments. Le tableau ci-après reproduit quelques bandes d'absorption connues.

11. L'école de Fermi a mesuré l'absorption de neutrons lents par divers éléments en se servant de l'activité produite dans Rh comme mesure du flux de neutrons incidents et transmis.

TABLEAU I. — *Energie des bandes d'absorption (de résonance).*

Élément	As	Br	Rh	Ag	Ag	In	I
Période de l'isotope formé par la capture d'un neutron	26 h	18 m	44 s	22 s (Groupe A)	22 s (Groupe B)	54 m	25 m
Énergie de la bande de capture (en e.V.)	84	62	1,16 0,98	2,5	4,5	1,38	80

Ces bandes d'absorption sont des bandes ou niveaux de résonance au sens de la dynamique nucléaire de Bohr (§ 2).

La méthode la plus simple pour déterminer l'énergie des diverses bandes est celle qu'ont adoptée Amaldi et Fermi. Elle consiste à comparer la répartition spatiale des neutrons de divers groupes autour d'une source immergée dans l'eau; plus le neutron est lent et plus il s'éloignera, par diffusion, de la source. On trouve ainsi, dans l'ordre d'énergie croissante, les groupes C, D, (A + B), I [12]. Cet ordre énergétique fut confirmé par les travaux de v. Halban et Preiswerk qui ont montré par ailleurs que le groupe I pourrait être converti par diffusion dans de la paraffine, en le groupe C, mais non pas vice-versa.

Une autre méthode est basée sur la loi en $1/v$. Comme celle-ci est valable pour la capture de neutrons lents par le B et Li, on peut déterminer l'énergie correspondant aux diverses bandes d'absorption en comparant le coefficient d'absorption de Li et de B relatif aux neutrons thermiques au coefficient d'absorption concernant les neutrons sélectivement capturés par un élément.

La largeur des bandes de résonance a été déterminée par Amaldi et Fermi, en s'appuyant sur la méthode suivante. Si la bande est supposée de forme rectangulaire, s'étendant de l'énergie E_1 à l'énergie E_2 et si N est le nombre de neutrons rapides par cm³/sec, engendrés dans un grand volume d'eau, le flux F des « neutrons de résonance » est, (cf. § 4) $F = 1/2\ Nl \log E_2/E_1$ par cm²/sec (l = libre parcours du neutron). Ce flux est déterminé expérimentalement par l'activité provoquée dans un échantillon mince de l'élément sélectivement absorbant en question, échantillon dont on connaît les dimensions et le coefficient de capture sélective. Pendant les mesures, les neutrons thermiques sont éliminés par filtrage à travers Cd. Si l'on connaît l et si l'on détermine N, on en tire la largeur logarithmique de la bande de capture.

Lorsqu'il s'agit d'une seule bande, le coefficient de capture pour les neutrons thermiques proviendra seulement de ce que la partie inférieure de cette bande pénètre dans la région thermique; il dépendra aussi bien de la position que de la largeur de cette bande. Connaissant la position, on calcule la largeur à partir du rapport de la section efficace pour la résonance à la section efficace pour la région thermique, au moyen de la formule (1).

Les largeurs de bandes ainsi établies s'échelonnent entre environ 1/10 et 2 eV. La comparaison des sections efficaces de résonances avec l'équation (3) montre, d'accord avec la faible diffusion observée que Γ_n/Γ est faible; la largeur mesurée est donc surtout une largeur relative à l'émission des rayons γ.

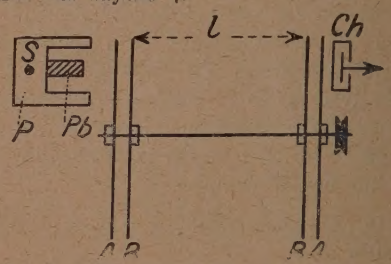


Fig. 1. — Sélecteur de vitesse neutronique.

La méthode la plus précise pour la détermination des énergies neutroniques est cependant fondée sur un dispositif mécanique dit sélecteur de vitesses qui permet de mesurer directement les vitesses de neutrons. Malheureusement elle ne s'applique pas au cas des groupes de neutron, de résonance, car les énergies neutroniques produisant des transmutations nucléaires par résonance sont comprises entre environ 1 et plusieurs centaines d'e. V, correspondant à des vitesses égales à 6-100 fois la vitesse d'agitation thermique ($\sim 2.10^5$ cm./sec.).

Dunning, Pegram, Mitchell et Segrè ont mesuré avec ce sélecteur de vitesses, la vitesse des neutrons thermiques émergeant d'un bloc de paraffine. Le sélecteur de vitesse (fig. 1) se com-

12. Le groupe D est fortement absorbé dans Rhodium, Indium et Tridium qui ont des bandes d'absorption chevauchantes. Le groupe I est le groupe détecté par I après filtrage par Cd.

pose en principe de quatre disques en duralumin comportant quelques secteurs de cadmium alternant avec des espaces vides. Deux (A, A) des quatre disques sont fixés à une distance l l'un de l'autre ($l = 54$ ou 27 cm.) sur un arbre tournant dont la vitesse de rotation peut atteindre 5.000 t/min. Les deux autres disques B, B sont au repos, chacun étant à 5 mm de l'un des disques tournant. Les secteurs en Cd sont assez épais pour absorber complètement les neutrons thermiques incidents. Ce sélecteur de vitesse peut être considéré comme un couple d'interrupteurs, distants de 1 cm. s'ouvrant ou se fermant simultanément (on peut aussi en modifier la phase). Une source de neutrons lents S noyée dans un bloc de paraffine P et une chambre d'ionisation (revêtue de B ou remplie de BF^3) sont situées de part et d'autre du sélecteur. Lorsque les deux interrupteurs sont en phase, le dispositif n'est transparent que pour les neutrons qui parcourent la distance l entre les deux paires de disques dans un temps inférieur ou égal au temps t_0 pendant lequel les deux interrupteurs restent ouverts. La précision obtenue était suffisante pour établir que la distribution de vitesses de neutrons sortant d'un bloc de paraffine (canon à neutrons) était maxwéllienne et qu'elle variait bien dans le sens prévu lorsque la source était portée à la température de l'air liquide.

4. **Diffusion des neutrons dans les substances hydrogénées : chocs entre neutrons et protons.** — La théorie de la diffusion de neutrons par des protons libres qui a fait l'objet de notre Revue de Physique nucléaire de 1938 [13] a été étendue par Fermi à la diffusion par les protons liés d'une substance hydrogénée telle que la paraffine ainsi qu'à la capture des neutrons par les protons.

Si l'énergie du neutron est franchement supérieure à l'énergie de liaison des protons dans la molécule de paraffine (donc plus grande que 1 eV, pour préciser les idées), le proton peut être considéré comme libre. La section efficace de diffusion est alors donnée par l'expression

$$(5) \quad S_{diff} = h^2/\pi M \left[\frac{3}{4} \frac{1}{|E_0| + \frac{1}{2}E} + \frac{1}{4} \frac{1}{|E_1| + \frac{1}{2}E} \right]$$

où M est la masse de chaque corpuscule, E l'énergie cinétique du neutron, E_0 l'énergie de liaison de l'état triple ^3S du noyau formé par le choc (de manière permanente, lors de la capture, et transitoirement, lors de la diffusion), si le choc se fait avec des spins parallèles, et E_1 l'énergie de l'état ^1S où les spins sont antiparallèles. Or le deuteron est formé par l'union d'un proton et d'un neutron avec spins parallèles et son énergie de cohésion est $E_0 = -2{,}2.10^6$ eV. Si à la fois, $E < E_0$ et $E < E_1$, la section efficace de diffusion devient :

$$(6) \quad S_{diff} = h^2/\pi M \left[\frac{3}{4|E_0|} + \frac{1}{4|E_1|} \right],$$

Cette expression étant indépendante de E, la section de diffusion des protons libres relativement aux neutrons lents est indépendante de la vitesse à moins que E_1 ne soit pas très faible.

Pour les neutrons lents dont l'énergie est inférieur à 1 eV, il faut tenir compte de l'énergie de liaison des protons dans la molécule de paraffine, car cette énergie de liaison qui est h fois la fréquence de vibration ν de l'atome d'hydrogène dans la molécule de paraffine atteint environ 0,4 eV, la fréquence ν étant environ 3.000 $cm.^{-1}$ pour le groupement C — H (oscillateur de fréquence ν). Les divers types de choc neutron-proton seront alors : 1° choc élastique; 2° choc au cours duquel le neutron perd un quantum d'énergie $h\nu$, 3° choc dans lequel le neutron perd $2\,h\nu$, etc. L'expérience montre que la section de choc élastique décroît de manière monotone (courbe 0 de la figure 2).

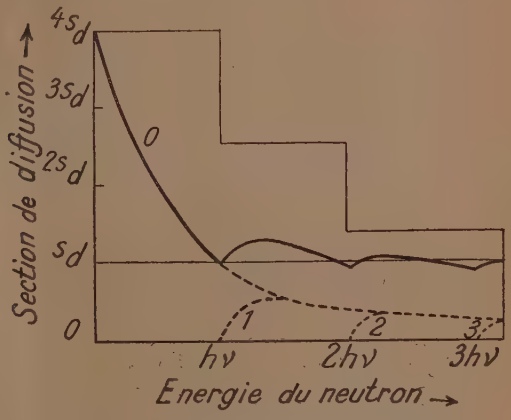


Fig. 2. — Section de diffusion de neutrons par des oscillateurs protoniques de fréquence V.

La section de diffusion correspondant à une perte d'un quantum $h\nu$ qui est évidemment nulle pour l'énergie neutronique $< h\nu$, atteint un maximum et puis tend vers zéro (courbe 1); il en est de même des sections de diffusions correspondant à $2\,h\nu$, $3\,h\nu$, etc. La section de diffusion totale est représentée par la courbe en trait plein; elle tend pour $E > h\nu$ vers une valeur constante égale à un quart de la valeur correspondant à $E = 0$. Cette valeur constante doit être égale au second membre de l'équation (6). Il en résulte que lors de

13. T. Kahan, *R.G.S.*, 15 et 31 janvier 1938.

la diffusion des neutrons dans la paraffine, le libre parcours de ceux-ci doit augmenter dans le rapport de 4 à 1 lorsqu'on passe des vitesses d'agitation thermique à des énergies de un e V environ et doit rester ensuite constant jusqu'à ce que l'énergie du neutron atteigne soit l'énergie de cohésion du deuteron soit celle du niveau virtuel ^1S.

Le libre parcours l correspondant à la diffusion des neutrons peut être mesuré directement en interposant des couches de paraffine entre une source de neutrons lents et un détecteur, ou bien indirectement, entre autres, par une méthode ingénieuse imaginée par Amaldi et Fermi. Celle-ci consiste à comparer les concentrations des neutrons à diverses distances, à l'intérieur de la surface plane d'un bloc de paraffine à travers lesquels les neutrons diffusent. La théorie de ce phénomène de diffusion montre que la concentration à la surface est finie et qu'elle croît linéairement avec la profondeur au-dessous de la surface de telle manière que la courbe concentration-position extrapolée, passe par le zéro à une distance $l/3$ à l'extérieur de la surface. Pour le groupe C (neutrons thermiques) cette méthode donne un libre parcours de $l = 0{,}3$ cm., en accord avec la méthode directe. Pour les neutrons du groupe D (énergie d'environ 2,4 e V) on a trouvé $l = 1{,}6$ cm.; une autre méthode donne pour les mêmes, ainsi que pour le groupe A ($\sim$ 6,5 e V), $l \approx 1{,}1$ cm. Ceci démontre que la prévision théorique concernant le libre parcours de neutrons de quelques e V est constant et égal à quatre fois celui des neutrons thermiques. A la valeur $l = 1{,}1$ correspond une section de diffusion de 13.10^{-24} cm^2; l'équation (6) donne alors

$$|E_i| = 1{,}16 \times 10^5\ eV.$$

En portant cette valeur dans l'expression (5) et en tenant compte de la liaison du proton, on peut trouver la courbe complète représentant la section de diffusion en fonction de l'énergie cinétique du neutron (voir courbe de la figure 3 sur laquelle les croix encerclées représentent les points expérimentaux observés par divers auteurs). L'accord entre la théorie et l'expérience est satisfaisante.

Comme le rayon de choc pour la capture d'un neutron par un proton est certainement inférieur à 10^{-12} cm., il en résulte que le moment de rotation du deuteron formé par l'union d'un proton et d'un neutron lent est petit par rapport à $h/2\pi$. Le neutron est donc capturé dans un état S. Comme d'autre part l'état stable du deuteron est également un état S, le rayon γ émis lors de la transition à l'état fondamental ne saurait être une radiation dipolaire électrique ordinaire où un changement de moment de rotation orbital est de rigueur. Ce rayon γ serait donc dû à une transition de dipôle magnétique. Fermi a

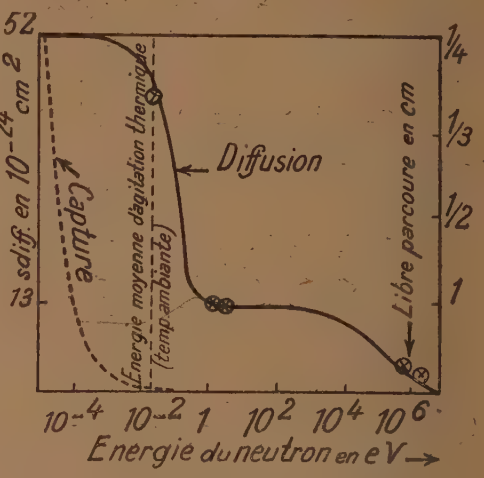


Fig. 3. — Section de capture et de diffusion de neutrons dans la paraffine.

montré que, dans cette hypothèse, la section de capture est :

$$(7) \qquad S_{cap} = \frac{7{,}8.10^{-22}}{v}(\mu_\gamma - \mu_n)^2,$$

si l'état simple ^1S de la combinaison proton-neutron est stable ($E_i = -1{,}16.10^5 eV$), et

$$(8) \qquad S_{cap} = 20.10^{-22}/v[\mu_\gamma - \mu_n]^2$$

si l'état ^1S est virtuel ($E_i = +1{,}16.10^5 eV$)

(v est la vitesse relative de choc, μ_γ et μ_n le moment magnétique du proton et du neutron exprimés en magnétons nucléaires). L'expérience montre que l'état ^1S est en fait virtuel (c'est-à-dire son énergie est positive). La section de capture des neutrons par les protons, calculée à partir de (8) est représentée par la courbe en pointillé de la figure 3; elle est inférieure à la section de diffusion sauf pour des énergies très faible; pour l'énergie moyenne correspondant à l'agitation thermique S_{ap} est égal à $S_{diff}/100$.

Ainsi, en moyenne, un neutron thermique traversant une substance hydrogénée sera diffusée 100 fois avant d'être capturé [14].

Comme la section de capture est inversement proportionnelle à la vitesse de choc, et que le nombre de protons rencontrés par secondes est

14. Après n choc, l'énergie moyenne du neutron sera réduite dans le rapport de 1 à e^n. Il en résulte que la majorité des neutrons présents dans un bloc de paraffine aura une énergie thermique et que, par voie de conséquence, une grande partie de la radioactivité produite dans chaque détecteur sera à coup sûr due aux neutrons thermiques.

en raison directe de la vitesse relative, il s'ensuit qu'un neutron a une durée de vie moyenne constante dans l'hydrogène qui ne dépend que du nombre de protons par unité de volume; pour la paraffine et l'eau, elle est d'environ 2.10^{-4} sec.

Lorsqu'une source de neutron rapide est installée au sein d'un bloc de paraffine, il s'établira un équilibre dans lequel le taux de production de neutrons rapides sera équilibré par la capture de neutrons lents par les protons. Pour les neutrons d'énergie supérieure à 1 e V. le flux de neutron par unité d'aire peut être calculé dans l'hypothèse d'une répartition uniforme des neutrons rapides dans un bloc de paraffine infiniment grand. Si N est le taux de production de neutron par cm³, le nombre de neutron dont la vitesse est comprise entre v et $v + dv$ traversant l'unité d'aire (des deux côtés) par seconde est d'après Fermi

$$(9) \qquad F(v)dv = \frac{Nl}{v}\,dv$$

et le flux de neutron dans un intervalle compris entre v_1 et v_2

$$(10) \qquad F = \int F(v)dv = Nl \log v_2/v_1 = 1/2\, Nl \log E_2/E_1,$$

où E_2 et E_1 sont les énergies cinétiques des neutrons de vitesses v_1 et v_2. Ces dernières formules ont été utilisées au § 3.

5. **Eléments transuraniens.** — C'est seulement dans trois éléments légers (Li, B et N) que la capture d'un neutron lent provoque l'expulsion d'une particule chargée (α ou p). Pour les éléments plus lourds, l'émission de corpuscules chargés est très improbable à cause de l'existence de la barrière de potentiel élevée. Il n'en est plus ainsi pour les noyaux très lourds à radioactivité spontanée. C'est ainsi que pour l'U, Fermi et ses collaborateurs d'une part, Meitner et Hahn d'autre part, ont signalé une dizaine de périodes provoquée par l'irradiation neutronique. Ces derniers auteurs suggèrent les séries de transformations suivantes pour les éléments à $Z > 92$, dits « éléments transuraniens » :

$$^{238}_{92}U + n \text{ lent} \rightarrow {}^{239}U \xrightarrow[10s]{\beta} (93,239)^* \xrightarrow[2,2m]{\beta} (94,239)^*$$
$$\xrightarrow[59m]{\beta} (95,239)^* \xrightarrow[66h]{\beta} (96,239)^* \xrightarrow[2,5h]{\beta} ?$$

$$^{238}_{92}U + n \text{ lent} \rightarrow \alpha + (90,235)^* \xrightarrow[4m]{\beta} (91,235)^*$$
$$\xrightarrow[\text{très courte}]{\beta} (92,235)^* \rightarrow ?$$

Une autre réaction probable pour ^{235}U (Ac U) est

$$^{235}_{92}U + n \text{ lent} \rightarrow {}^{236}U \xrightarrow[25m]{\beta} (93,236)^* \rightarrow ?$$

Cette dernière réaction est un processus typique de capture par résonance avec une résonance nette à 25 ± 10 e V.

De même, l'activité produite par les neutrons dans Th est complexe. I. Curie, v. Halban et Preiswerk ont réussi à séparer et à identifier toutes les activités. Ils ont montré qu'elles provenaient d'une nouvelle famille radioactive dont les poids atomiques sont du type $(4n + 1)$, avec n entier. Voici, à titre d'exemple, l'une des chaînes des transformations :

$$^{232}_{90}Th + \text{neutron lent} \rightarrow {}^{233}Th \xrightarrow[25m]{\beta} (91,233)^*$$
$$\xrightarrow[2,5\,m]{\beta} (92,233)^* \xrightarrow{\alpha} (90,229)^* \xrightarrow{\alpha} (88,225)^*$$
$$\xrightarrow{\alpha} (86,221)^* \xrightarrow{\alpha} \text{etc.}$$

6. **Diffraction des neutrons.** — Mitchell et Powers ont réussi à mettre en évidence la diffraction de neutrons lents. La vitesse maximum de la répartition maxwellienne des neutrons thermiques à la température ambiante correspond à une longueur d'onde de de Broglie de 1,6 Å. Avec un cristal de MgO ($2d = 4{,}0$ Å) ces neutrons rempliront la condition de premier ordre de Bragg lorsque l'angle des neutrons incidents et du plan réticulaire est égal à 22° ($2d \sin. \Theta = \lambda$).

Ces auteurs ont pu montrer qu'un cristal unique de MgO donne naissance, en plus d'une diffusion incohérente indépendante de l'angle d'incidence des neutrons, à une diffusion cohérente observable seulement lorsque cet angle d'incidence a précisément la valeur ci-dessus de 22°. Cette diffusion cohérente constituait environ 40 % de la diffusion incohérente. Les neutrons ont été détectés au moyen d'une chambre d'ionisation à bore dont la sensibilité varie en raison inverse de la vitesse des neutrons.

7. **Moment magnétique du neutron.** — Les moments magnétiques mesurées du proton et du deutéron sont respectivement environ $+2{,}7$ et $+0{,}8$ magnétons nucléaires. Le signe positif signifie que les directions des moments magnétique et cinétique sont celles d'une charge positive pivotante. Si les moments magnétiques nucléaires sont additifs, le moment magnétique du neutron sera $0{,}8 - 2{,}7 = -2$ car le deuteron est formé par l'union d'un proton et d'un neutron ayant leurs spins parallèles. Or, Bloch a calculé que la diffusion de neutrons dans le fer aimanté dépend sensiblement de l'orientation de leurs moments magnétiques par rapport à la direction d'aimantation. C'est ainsi qu'un pinceau de neutrons sera partiellement polarisé après passage à travers une plaque de fer aimanté à angle droit et que le nombre de neutrons traversant deux plaques successives sera maximum lorsque les directions d'aimantation seront parallèles. Ces

effets très faibles (2 à 3 %) ont été observés par divers auteurs. S'il existe, dans l'entrefer entre deux plaques aimantées, un champ magnétique parallèle au pinceau de neutrons, ceux-ci subiront une précession et le plan de polarisation du pinceau aura tourné, au moment d'atteindre l'analyseur, dans un sens et d'un angle qui dépendent du signe et de la grandeur du moment magnétique. Les expériences de Frisch, v. Halban et Koch, basées sur ce principe ont redonné la valeur 2 avec le signe négatif (c'est-à-dire dans le neutron le moment magnétique et le moment cinétique sont associés l'un à l'autre comme les moments respectifs d'une charge négative en rotation).

8. **Applications.** — Nous ne voudrions terminer cette revue sans dire quelques mots des diverses applications des neutrons. La quantité de substance radioactive qu'on peut produire au moyen de neutrons est considérable et suffit largement aux applications médicales. Les radio-éléments artificiels comparés aux radio-substances naturelles présentent en effet, au point de vue médical, certains avantages. On peut les introduire sous diverses formes dans le corps humain ce qui, en général, n'est pas possible pour les radio-éléments naturels. Ces derniers donnent en effet naissance à des substances filles dont certaines ont une longue période (durée de vie). Une fois introduite dans le corps ils produisent une irradiation permanente dangereuse. Les radio-éléments artificiels par contre n'engendrent pas de substances filles radioactives. En faisant ingérer à un malade une solution de sel marin rendu actif, on est sûr qu'au bout de quelque temps la radiation dans le corps aura totalement disparu.

Qui plus est, au cours d'expériences faites au laboratoire Philips par le Dr den Hoed, de l'Institut du Cancer d'Amsterdam, il a été établi que les neutrons exercent sur les tissus organiques une action analogue à celle des rayons X. Mais tandis que ces rayons X agissent grâce à l'ionisation électronique qu'ils engendrent dans les tissus, les neutrons produisent une ionisation par suite de la projection de protons (effet Joliot-Curie) présents dans les tissus, protons qui y provoquent à leur tour l'ionisation. Dans ce dernier cas l'ionisation est beaucoup plus localisée tandis que celles des rayons X est plus diffuse. Il sera peut-être aussi plus facile d'irradier à l'aide de neutrons, des parties plus profondes de l'organisme.

Les éléments artificiellement activés peuvent en outre être utilisés à titre d'indicateur en chimie et en biologie. Au point de vue des réactions chimiques ils se comportent comme les éléments ordinaires mais leur présence peut être mise en évidence grâce à leur radioactivité. Cette méthode est beaucoup plus sensible et plus générale que les méthodes chimiques. En biologie, cette possibilité a déjà donné d'importants résultats. C'est ainsi qu'on a étudié la distribution des composés du phosphore dans l'organisme, en faisant absorber par des animaux des composés de phosphore radioactifs et en établissant ensuite quelles parties de l'organisme étaient devenus radioactives.

Il a été également possible de provoquer des mutations en irradiant des insectes avec des neutrons tout comme avec les rayons X et γ (Heyn, Timofeeff-Ressovsky et Zimern).

Théodore Kahan,
Docteur ès Sciences
(Sorbonne).

CONSIDÉRATIONS SUR L'ACTION RÉCIPROQUE DES FORÊTS ET DU CLIMAT

(suite et fin.)

III. — **Action des forêts sur le sol.**

(Considérations d'ordre pédologique).

Le sol est le milieu complexe qui est formé par la transformation d'une roche-mère sous l'action de différents facteurs : temps, climat, végétation.

On conçoit aisément que la nature du sol soit fonction de la *roche-mère* qui lui a donné naissance. Le facteur *temps* intervient dans la constitution actuelle du sol, celui-ci étant, en effet, un milieu qui évolue : il commence à se former lorsque la roche est mise à nu; il se transforme, mûrit et quelquefois meurt. Cette évolution est, en général, extrêmement lente et dépend des conditions extérieures : *climat* et *végétation*.

On observe dans la plupart des cas des sols en cours d'évolution : les sols mûrs, c'est-à-dire en équilibre avec les facteurs qui leur ont donné naissance, sont assez rares. Si, d'ailleurs, un de ces facteurs se modifie, l'évolution changera et pourra même reprendre dans un sol mûr. Parfois, un brusque changement dans les conditions exté-

rieures amène une évolution extrêmement rapide du sol : c'est ainsi que le défrichement d'un terrain forestier sous climat chaud peut être suivi d'une évolution du sol qui l'amène en quelques dizaines d'années seulement à un état de stérilité presque complète. Sa nature physique changera; sa composition chimique et sa couleur également. Il est alors difficile et quelquefois impossible de revenir, par le boisement, au terrain primitif.

Le *climat* est certainement le facteur le plus important. Les premiers pédologues, à la suite des recherches de DOKOTCHAIEFF, le considéraient même comme le facteur essentiel, et certains sont allés jusqu'à écrire que la maturation d'un sol aboutit toujours sous un même climat à un résultat uniforme, quelle que soit la nature de la roche-mère qui lui a donné naissance. C'est, certes, aller trop loin; mais il est cependant démontré que l'action du climat est prépondérante dans la formation et l'évolution d'un sol. Toutefois, ce n'est pas précisément le climat en soi qui intervient, mais les agents physiques à l'intérieur même du sol, c'est-à-dire ce que les pédologues ont appelé le *climat du sol*.

Le climat du sol dépend directement du microclimat du lieu considéré, la forêt, en particulier, à une action profonde sur ce « climat pédologique ».

Le climat forestier est, en effet, totalement différent du climat en terrain nu. La température sous bois est plus basse et surtout plus uniforme : les maxima sont abaissés, les minima relevés; les amplitudes, aussi bien annuelles que mensuelles et journalières, sont considérablement amorties.

L'humidité relative de l'air forestier est plus élevée et varie beaucoup moins qu'en terrain découvert. Le vent, les brises sont très réduits. L'insolation directe est à peu près nulle si le couvert est complet. Enfin, dans certains cas, il est peut-être permis d'admettre que les précipitations sont un peu plus fortes sur une forêt que sur les terrains nus voisins; en tout cas, la forêt est un lieu de fortes condensations et, comme nous l'avons vu, il arrive même avec quelques essences tropicales que l'on constate certaines précipitations spéciales sous les frondaisons des arbres.

Le sol forestier se caractérisera donc par une plus grande uniformité dans son climat. Dans une forêt dense, le couvert des grands arbres, le sous-bois, la couverture morte, abritent si bien le sol forestier que sa température est presque constante[9], son humidité superficielle varie peu et il est rare de le voir sec, même dans un pays à saison sèche très accusée (Cochinchine, Cambodge, par exemple). L'évaporation est quasi nulle. Par contre, la répartition de l'humidité en profondeur est loin d'être uniforme. L'humidité décroît jusqu'à un certain niveau (1 à 4 mètres environ), qui correspond aux racines des grands arbres; puis elle croît avec la profondeur.

L'atmosphère du sol est également particulière. En ameublissant la terre, les racines des arbres, les animaux fouisseurs doivent faire descendre l'air à une profondeur assez grande. De plus, la respiration des racines charge certainement cet air de gaz carbonique. Nous ignorons si des études ont été effectuées sur l'air des sols forestiers. Peut-être présenteraient-elles un certain intérêt du point de vue pédologique.

La végétation, la forêt en particulier, a donc une action profonde sur l'évolution de sol, par le « climat pédologique » particulier qu'elle crée. Mais elle agit encore par d'autres moyens, non moins efficaces.

Elle a d'abord une action physique : ses racines puissantes s'insinuent dans les fissures des roches, qu'elles disloquent[10], jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres. En se décomposant, elles provoquent dans le sol des vides qui facilitent la circulation de l'air et de l'eau. Les animaux fouisseurs du sol forestier (vers, crustacés, insectes) complètent ce travail d'ameublissement.

Mais c'est par son action chimique qu'elle agit surtout sur l'évolution de sol.

La végétation forestière a une influence sur l'eau, sans laquelle aucune altération chimique ne peut se concevoir. Elle augmente sans doute, dans la plupart des cas, la quantité d'eau du sol. De plus, elle en change le sens de circulation. L'évaporation superficielle est, en effet, presque supprimée sous un couvert complet et la zone la plus sèche du sol se trouve au niveau des racines des grands arbres. Il existe donc là une zone de convergence des solutions du sol, remontant par capillarité de la profondeur, descendant de la surface et comme pompées par les racines[11]. Les réactions physico-chimiques doivent y être très actives. C'est une zone de dépôt illuvial dans beaucoup de sol.

La forêt a enfin une grande action sur l'évolution des sols par les produits de décomposition

9. A la surface des sols complètement dénudés, dans le désert, on a signalé des variations journalières de température de 85° C.

10. La pression exercée par les racines sur les roches peut être de l'ordre de 10 à 15 kg/cm².

11. La quantité d'eau évaporée par une forêt est considérable. On l'a estimé à 11 m³ par hectare et par jour pour le hêtre et à 3 m³ pour le pin sylvestre. Mais ces valeurs, très difficiles à mesurer, ne sont qu'approximatives. Elles doivent être très variables.

organiques qu'elle apporte et qui constituent l'*humus*. Les pédologues s'accordent à lui attribuer une importance toute particulière. La nature même de l'humus n'est pas encore bien définie et s'étendre ici sur sa composition serait sortir du sujet que nous nous sommes fixé. Disons simplement qu'on entend par humus la matière brune que l'on trouve en surface des sols forestiers des climats froids ou tempérés et formée par tous les débris organiques végétaux ou animaux.

Sous les climats tropicaux ou équatoriaux, l'humus ainsi défini n'existe presque pas : le terrain est généralement recouvert d'une mince épaisseur de débris végétaux en voie de décomposition très rapide : au-dessous, sans transition, apparaît le sol, de couleur jaune ou rougeâtre en général; mais la partie superficielle de celui-ci est très riche en matière organique incolore. On a donc à faire à une forme particulière d'humus, qui ne se distingue pas par sa couleur, mais qui n'en existe pas moins.

Quelle que soit la nature de l'humus, c'est un des facteurs les plus importants qui conditionnent l'évolution du sol. Il a une action directe sur sa nature physique, surtout en climat tempéré, où il est abondant sous une forme pulvérulente. Mais il aurait aussi une action physico-chimique : il stabiliserait les colloïdes (surtout hydrate d'alumine et hydrate de fer), et les empêcherait de se coaguler, orientant ainsi l'évolution du sol. Ses actions chimiques sont nombreuses. Il entretient une faune abondante de microbes qui décomposent la matière organique, fournissent du gaz carbonique et fixent parfois l'azote atmosphérique [12]. Par son acidité (l'humus des forêts est en général acide), il a une action énergique sur les bases des sols qui sont attaquées et entraînées en profondeur (lessivage des sols forestiers, surtout sous climat pluvieux).

Enfin, il faut signaler qu'en pays de montagnes, le manteau forestier constitue une admirable protection contre les agents d'*érosion*. La violence des gouttes de pluie est amortie par le feuillage et les branches, le tapis constitué par les débris végétaux protège la surface même du sol et la terre est maintenue par les troncs et le réseau serré des racines de toutes dimensions; l'infiltration dans le sol et le sous-sol est augmentée; aussi le ruissellement n'entraîne-t-il sur les pentes que peu de terre, alors que, sur les flancs dénudés des montagnes, la roche est vite mise à nu et est elle-même progressivement rongée par l'action des eaux. L'érosion est un phénomène qui peut atteindre une intensité considérable dans les pays tropicaux en raison des énormes précipitations atmosphériques qui accompagnent les moussons, les gros orages, et les cyclones (ou typhons). Qu'on songe aux hauteurs annuelles de pluie enregistrées dans les stations de montagnes de ces pays : en Indochine, on note une moyenne de plus de 5 mètres à la station du Val d'Emeraude, dans la Chaîne de l'Eléphant, sur le bord du Golfe de Siam, face à la mousson d'été; et la hauteur moyenne atteint presque 13 mètres à la station de Cherra-Punji, dans les monts Khasi et Jaintia, en Assam!

L'un de nous, dans son ouvrage sur le climat de l'Indochine [13], a signalé un cas remarquable d'érosion intense. Il s'agit dans cet exemple du ravinement provoqué les 21, 22 septembre 1927 sur le mamelon de la T. S. F. de la province de Kiên-an (Tonkin); en 26 heures, de 5 h. le 21 à 7 h. le 22 (par suite du comblement d'un typhon sur le Nord-Annam), il tomba plus de 600 mm. d'eau [14]; la route du mammelon fut défoncée jusqu'à une profondeur de près de 3 mètres en certains points. Par contre, le ravinement de la colline boisée de Phu-Liên (sur laquelle se trouve l'Observatoire central de l'Indochine), voisine de la précédente, fut négligeable.

On peut entrevoir par ce bref exposé combien important et complexe est le rôle de la forêt sur le sol : elle agit par le microclimat et le climat du sol qu'elle crée et entretient; elle agit par ses racines et sa faune d'animaux fouisseurs; elle agit enfin par son humus et son eau sur la composition chimique du sol, l'enrichissant en matière organique et en azote.

Déforester un terrain peut donc avoir les conséquences les plus graves. Très souvent, en effet, les sols forestiers sont *très pauvres;* mais ils font illusion grâce aux apports de la forêt. Mis à nu, ils perdent rapidement leur richesse superficielle (en deux ou trois ans sous climat tropical) et entrent dans une nouvelle évolution. Le reboisement de ces sols est, en général, possible; mais il faudra cent à deux cents ans pour que l'état primitif soit rétabli. Parfois, sous climat chaud, le sol déforesté évolue très rapidement vers la stérilité, et certains même sont perdus pour l'agriculture et même pour la forêt : c'est le cas, en particulier, des terrains latéritiques des régions tropicales à climats comportant des saisons successives très

12. Il est à noter que les feuilles mortes, soit seules, soit mélangées à de la terre, ont la propriété, surtout lorsqu'elles recouvrent un terrain humide, de fixer, en proportion notable, l'azote de l'air (Henry — *Les sols forestiers*).

13. E. Bruzon et P. Carton. — *Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine*, 2e édition, Imprimerie d'Extrême-Orient, Hanoï, 1930.

14. Pour fixer les idées rappelons que la quantité moyenne de pluie qui tombe par an à Paris est de 560 mm.

pluvieuses et sèches, saisons renforcées en certaines contrées par le régime des moussons se superposant au régime du type tropical simple.

IV. — Action des forêts sur le débit des sources et des cours d'eau.

Les cours d'eau et les sources étant des conséquences des précipitations atmosphériques, nous estimons que, sans trop nous écarter de notre sujet, nous pouvons dire quelques mots de l'action des forêts sur leur débit.

Les forêts ralentissent et diminuent le ruissellement des eaux pluviales sur les pentes des montagnes et facilitent leur infiltration dans le sol. De la sorte, elles régularisent le débit des sources et des cours d'eau. Par la grande évaporation d'eau qu'elles produisent, elles peuvent diminuer dans une certaine mesure la quantité totale annuelle d'eau débitée par les sources et cours d'eau; mais ce n'est là qu'une question de peu d'importance au regard de la régularisation de leur débit, surtout dans les pays tropicaux à saison sèche très accusée.

Par ce rôle de « volant », la forêt augmente le débit des cours d'eau en période sèche. Ce rôle est très net et important : en forêt dense, le sol est rarement sec, et même, au bout de plusieurs mois sans pluie, les lits des petits cours d'eau sortant du massif boisé conservent un peu d'eau ou une certaine humidité. Cette influence de la forêt est fort intéressante pour les cultures voisines.

La forêt a également une action sur les crues faibles et moyennes : elle en diminue l'intensité en les étalant sur un temps plus long. Une partie de l'eau de pluie est, en effet, absorbée par le sol forestier, très spongieux, et n'est que lentement restituée aux rivières.

Par contre, l'action de la forêt sur les grandes crues est très réduite. Ces grandes crues sont celles qui frappent le plus l'imagination et, lorsqu'elles se produisent, il est courant de dire que c'est le déboisement qui en est responsable. Il n'en est rien. Ces crues exceptionnelles sont dues à des précipitations anormalement fortes (ou à de grandes fontes de neige). Le sol forestier est alors saturé d'eau et, quoique profond et meuble, se comporte comme un terrain imperméable. L'eau ruisselle à sa surface, à peine ralentie par le sous-bois. Le rôle de la forêt se réduit alors à empêcher l'érosion : les eaux qui s'écoulent sont à peu près claires; ce rôle ne doit, du reste, point être mésestimé.

Pour qu'un grand fleuve ait une crue exceptionnelle, il faut que les plus hautes eaux de ses affluents arrivent en même temps en un même point. C'est donc là une question de répartition des jours de pluies dans les divers bassins d'alimentation des affluents et l'influence de la forêt est très réduite.

V. — Action du climat sur les forêts et sur la végétation en général (Ecologie).

Comme toute association végétale, la forêt est influencée par le *climat* : il agit sur la composition du peuplement forestier; il agit aussi sur sa forme.

Il semble, d'ailleurs, que la forme de l'association forestière soit influencée presque uniquement par les quantités d'eau annuelles[15]. La répartition des pluies dans l'année a, certes, une influence indéniable, mais peut-être moins grande que l'on pourrait être porté à le croire.

Schématiquement, on a la répartition suivante :

Zone équatoriale toujours humide.	Grande forêt équatoriale.
Zone subtropicale à saison sèche plus ou moins accusée.	Grande forêt, mais moins dense et moins luxuriante que la précédente.
Zone tropicale à saison sèche très accusée (moins de 1.000 mm d'eau par an).	Association forestière très ouverte. Forêt-clairière, forêt-parc, passant à la savane ou steppe à arbustes épineux et même jusqu'à la steppe (formations de plantes sous-ligneuses ou herbacées xérophiles).
Zone désertique. — Grande sécheresse.	Presque plus de végétation.
Zone dite méditerranéenne. — Climat à saison sèche accusée.	Maquis. — Sans doute forêt sans l'intervention de l'homme.
Zone tempérée sèche.	Steppe.
Zone tempérée humide.	Forêt à feuilles caduques (chêne, hêtre) ou résineux.
Zone froide.	La forêt s'éclaircit (résineux, bouleau) et disparaît (toundras).

Le *sol* a également une influence sur la forme de l'association végétale. Nous pensons cependant qu'en ce qui concerne la forêt cette influence doit être assez faible. Nous avons vu, en effet, l'action profonde de celle-ci sur le sol : on peut dire qu'elle crée son propre sol. Sous climat humide, certains terrains très secs par eux-mêmes portent de la très belle forêt; c'est le cas, par exemple, des

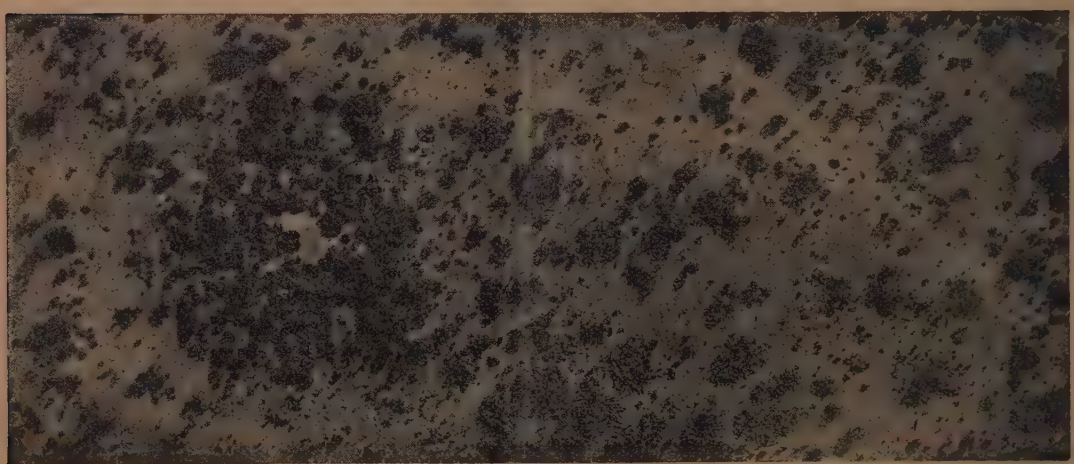
15. Dans les régions très froides (polaires ou hautes montagnes), les associations forestières sont sous la dépendance du facteur température : mais un grand froid équivaut à dans une certaine mesure à une grande sécheresse, l'eau glacée n'étant pas assimilable (sécheresse physiologique).

PHOT. I.

Vue d'une grande forêt dense tropicale prise d'avion. — Cambodge, province de Kompong-Thom, régin de Sambor.

PHOT. II.

Une forêt-clairière de Diptérocarpées vue d'avion. C'est dans les lieux les plus humides que les arbres sont le plus rapprochés. — Cambodge, région de Koker.



PHOT. III.

Vue prise d'avion d'une forêt-clairière, ou plutôt d'une forêt-parc, en terrain sablonneux (sur la surface duquel apparaissent des pistes). On remarquera, comme sur la photographie précédent que les arbres sont très rapprochés dans les endroits où existe un étang ou quelque humidité. — Cambodge.

massifs calcaires du Tonkin, qui, très secs lorsqu'ils sont nus, portant, à l'état naturel, une forêt dense de grande dimension, dont l'essence principale, le nghiên (*Pentace tonkinense*), atteint 30 mètres de haut et plus de 1 m. de diamètre. Sous climat sec, d'autre part, l'humidité du sol peut permettre l'établissement de la forêt dans des régions à faibles précipitations : forêts-galeries des savanes tropicales, oasis des déserts.

Un autre facteur a une influence considérable sur la forme de l'association forestière, et, quoique non climatique, nous ne pouvons le passer sous silence, étant donné son importance dans le monde : c'est l'*homme*, qui agit au moyen du *feu*.

Dans les régions équatoriales, très humides et où les pluies sont uniformément réparties au cours de l'année[16] et dans les parties de la zone tropicale où les saisons des pluies sont longues et les saisons sèches pas encore trop sévères, le feu sert à défricher la grande forêt pour établir des cultures temporaires. Après l'abandon de ces cultures, au bout de deux ou trois ans, la forêt peut reprendre immédiatement en passant par un stade de forêt secondaire qui évolue ensuite lentement vers la forêt primitive. Si le feu continue à passer, comme c'est souvent le cas, il s'installe une savane où dominera l'herbe à paillote (*Imperata cylindrica*, appelée « tranh » en Indochine). Mais, à moins que le sol n'évolue rapidement vers la stérilité, par latéritisation, par exemple, nous estimons que cette savane est instable. Des essences de grande taille et d'espèces déterminées (comme, par exemple, le liquidambar au Tonkin)[17] s'y installent. Les premières années, la partie aérienne de ces arbres est brûlée et détruite à chaque incendie; mais les racines se développent. Au bout d'un temps plus ou moins long, celles-ci sont suffisamment puissantes pour donner, entre deux incendies, des rejets assez hauts et forts pour résister au feu. Il se forme alors un fourré, où, grâce à l'humidité du climat, le feu ne passe plus. La forêt se réinstalle avec des essences de transition, sous lesquelles les essences primitives peuvent pousser. Ce mécanisme de réinstallation de la forêt en terrain incendié est très visible au Tonkin, où parfois la forêt peut reprendre ses droits assez rapidement (20 à 30 ans, par exemple). Nous pensons, sans pouvoir l'affirmer, que ce phénomène doit se produire dans d'autres pays à climat toujours humide.

Dans les régions tropicales à saison de pluies abondantes mais à saison sèche très accusée, le résultat des incendies est différent. Soit une forêt brûlée après abatage en vue d'une culture temporaire. Après abandon, si le feu continue à passer, des arbres arrivent à pousser; mais, par suite de l'importance de la saison sèche, la pousse de ces arbres n'arrête pas l'incendie, qui brûle le sous-bois. On a alors une forêt régulièrement incendiée, dans laquelle les arbres, qui peuvent parfois atteindre de grandes dimensions, sont peu serrés et le sous-bois très réduit : c'est la « forêt claire », ou « forêt-clairière ». Le feu peut également attaquer petit à petit le sous-bois de la grande forêt, et celle-ci passe dans ce cas aussi à la forêt claire. Cette forêt s'étend sur une partie du Sud-Indochinois, du Laos, du Siam, de la Birmanie : Les essences dominantes en Indochine sont des Diptérocarpées. La forêt de teck du Siam et de la Birmanie est également, à l'état naturel, une forêt régulièrement incendiée. Enfin, les pins des hauts-plateaux du Sud-Annam (massif du Langbian) et du Haut-Laos (Tran-ninh) paraissent également constituer des forêts claires maintenues par le feu.

Dans d'autres parties de l'Asie tropicale et en Afrique, les choses doivent se passer d'une façon analogue. Le feu doit étendre aux dépens de la forêt dense la zone de la forêt claire, qui est la forme climatique naturelle dans des régions plus sèches.

Le feu a donc, au point de vue forestier, le même résultat qu'une évolution du climat vers la sécheresse. Mais nous croyons qu'en Indochine la majorité des forêts claires qui existent feraient retour à la forêt dense si les incendies étaient arrêtés. Dans le cas de terrains très dégradés, le retour serait lent et demanderait sans doute plusieurs siècles, la forêt devant reconstituer son sol. Mais l'exemple de la forêt d'Angkor montre que ce retour peut s'accomplir : après l'effondrement de la puissance khmère, Angkor et d'autres cités, ainsi que leurs plaines de rizières, furent abandonnées et la forêt dense tropicale prit peu à peu possession du territoire, ensevelissant toutes choses sous ses énormes frondaisons, étreignant les ruines de ses racines, de ses lianes, au point que, de nos jours, ce n'est qu'au prix d'efforts considérables que l'Ecole Française d'Extrême-Orient parvient à faire surgir les somptueux vestiges d'une civilisation disparue.

16. Il en est ainsi, du moins, dans celles qui sont soumises à l'influence des mers ; celles qui sont très éloignées de ces dernières, au cœur même des continents, ont deux saisons sèches assez nettement marquées.

17. Quoique situé en région tropicale, le Tonkin peut être considéré comme ayant un climat toujours humide. Pendant une partie de la période sèche, il existe, en effet, sur le delta et la moyenne région, un crachin souvent abondant, et, en haute région, des brouillards matinaux denses ; l'humidité de l'atmosphère est presque toujours très élevée.

Mais il semble bien certain que, dans certaines zones, la forêt, une fois détruite, ne puisse pas se reconstituer, le terrain étant trop appauvri, ou le climat, qui permet le maintien de la forêt, ne permettant pas sa réinstallation. On peut citer à ce propos l'exemple typique, — bien qu'en zone tempérée, — de la forêt de la Sainte-Baume, aux environs de Marseille. Cette petite forêt, située sur le versant Nord de la Chaîne calcaire de la Sainte-Baume (à 700 mètres environ d'altitude), est un ancien bois sacré des Romains. Elle a été plus tard la propriété d'une communauté de Dominicains qui ne l'exploitaient pas. Elle est actuellement propriété domaniale et aucune coupe ni exploitation n'y est effectuée, le Service Forestier n'enlevant que les arbres morts et tombés. On a donc à faire à une véritable forêt vierge. Or, c'est une forêt de hêtres, au sous-bois d'ifs, c'est-à-dire un type de forêt qu'on ne rencontre actuellement que beaucoup plus au Nord. Les peuplements voisins, sur le même sol et à la même exposition, sont de maigres peuplements de pins d'Alep, périodiquement incendiés. La forêt de la Sainte-Baume est vraisemblablement un reste de l'ancien peuplement qui couvrait la région détruit par le feu; ce peuplement a évolué vers une forêt de pins qui est une forêt claire. Ici, la réinstallation de la forêt primitive paraît impossible.

On voit donc quelle est l'importance considérable des incendies au point de vue écologique. Ce sont eux qui, dans le cas de saisons sèches suffisamment accusées et prolongées, font évoluer la grande forêt vers la forêt claire.

De même, en envisageant sur le globe des zones de sécheresse de plus en plus accusée et prolongée, on peut affirmer que l'incendie de brousse étend la zone de la steppe aux dépens de la forêt claire climatique et la zone du désert aux dépens de la steppe.

Rappelons à ce propos qu'au delà (en s'éloignant de l'équateur dans les deux hémisphères) des régions tropicales à saison sèche très accusée, sont des zones sèches correspondant aux « calmes subtropicaux » dus aux courants atmosphériques descendants (descente des contre-alizés); les précipitations atmosphériques y sont très rares et presque nulles; c'est la zone des grands déserts qui s'étend environ entre les 20e et 30e degrés de la latitude Nord et Sud. La partie centrale du continent asiatique présente aussi, à une latitude beaucoup plus élevée, une zone sèche s'étendant de la Mer Caspienne à la Mandchourie et du Sud de la Sibérie au Thibet. On passe des régions de forêts denses, puis de forêts claires, aux déserts par des zones de végétation décroissante : savanes et steppes; ces zones de steppes couvrent en Asie des superficies considérables [18].

Si la croyance en une action notable de la déforestation sur les climats généraux a été couramment admise, l'idée que ces derniers ont subi des modifications sensibles au cours de la période historique a été répandue également. D'aucuns, comme Ellsworth Huntington [19], ont admis que,

pendant cette période, une série d'oscillations semblables à celles des temps géologiques, bien que plus faibles, a eu lieu, en particulier que les climats de l'Egypte, de la Mésopotamie, du Nord de l'Inde et de la Grèce, pendant une certaine partie de l'histoire ancienne, furent différents de ceux qui règnent aujourd'hui dans ces mêmes régions et se rapprochaient davantage du climat optimum pour le développement de l'homme.

Or, comme l'a fort bien dit A. Angot [20], l'hypothèse de modifications notables dans le climat durant la période historique ne repose sur rien et toutes les recherches documentaires semblent bien prouver le contraire :

« La question de la constance ou de la variabilité des climats se rattache étroitement à celle des in-

18. Le moyen le plus parfait de se rendre compte du passage progressif (et parfois assez brusque) d'un faciès à l'autre dans cette succession de zones si caractéristiques est le long voyage par avion. Il nous a été donné d'emprunter la voie des airs entre l'Indochine et la France et nous ne saurions trop conseiller à tous ceux que la géographie physique intéresse, — aux climatologistes, aux agronomes, aux forestiers, — d'effectuer ce merveilleux voyage.

19. Ellsworth Huntington. — *Maya civilisation and climatic changes. Washington*, 1917. — *Climatic changes and agricultural exhaustein as elements in the full of Rome*, 1917. — *Civilization et climate*, 1924.

20. *Loc. cit.*

fluences cosmiques et de la périodicité des phénomènes de l'atmosphère. La Géologie nous montre, par l'étude des fossiles animaux et végétaux, que, dans un même lieu, les conditions climatologiques ont certainement beaucoup changé et à plusieurs reprises. L'étude de ces variations aux époques géologiques ne rentre pas dans le domaine de la Météorologie; nous nous bornerons donc aux changements qui ont pu se produire depuis les temps historiques. On peut toutefois remarquer que les phénomènes géologiques n'impliquent pas nécessairement de grandes variations simultanées dans la température moyenne de toute la Terre; beaucoup pourraient s'expliquer par de simples changements dans la position respective des terres et des mers; les différences ne semblent pas dépasser ni même atteindre celles qui existent actuellement entre deux points situés à une même latitude : par exemple, les îles Feroë et la région d'Iakoutsk, dans le centre de la Sibérie.

« L'étude des variations du climat depuis les temps historiques présente les plus grandes difficultés, qui subsistent même si l'on se restreint aux deux derniers siècles, c'est-à-dire aux époques postérieures à l'emploi des instruments d'observation : baromètre, thermomètre et pluviomètre. Toutes les observations anciennes soulèvent, en effet, les critiques les plus graves les instruments étaient défectueux; leur graduation mal faite, ou dans des conditions que nous ne connaissons plus; ils étaient généralement installés dans de mauvaise conditions; enfin, les observations elles-mêmes étaient fréquemment très mal faites. Aussi est-il le plus souvent impossible de comparer les observations anciennes avec celles qui sont effectuées depuis 40 ou 50 ans...

... « Les renseignements les meilleurs, au point de vue climatologique, seraient certainement ceux qui concernent les époques de feuillaison et de floraison des plantes spontanées et des arbres forestiers; le mode de culture et l'introduction de nouvelles espèces peuvent produire, en effet, des variations notables dans les époques de végétation des plantes cultivées...

... « Toutes les observations montrent que le climat moyen de la Terre n'a pas changé d'une manière appréciable depuis les temps historiques. Si, comme les phénomènes géologiques portent à le croire, notre globe doit aller sans cesse en se refroidissant, ce refroidissement est tellement lent que, pour le mettre en évidence, il faudrait des observations très précises poursuivies au moins pendant 10 ou 20 siècles! »

Dans les exemples sur lesquels a été échafaudée l'hypothèse de la variabilité des climats, l'effet a certainement été pris pour la cause.

Nous ferons observer que ce qui vient d'être dit n'exclut point la possibilité de l'existence en climatologie de périodes successives, déterminées par des phénomènes cosmiques (taches solaires, en particulier). Mais il s'agit-là de variations de faible amplitude, et, d'ailleurs, il faut bien l'avouer, elles n'ont guère pu être vraiment prouvées jusqu'ici.

La lecture de la Bible et de l'histoire ancienne et même de celle du premier millénaire de notre ère montre qu'il a dû exister des steppes permettant l'élevage extensif du bétail par des peuples nomades sur des surfaces où règne maintenant le désert; elle montre également que d'immenses et riches cultures entretenues grâce à des réseaux de canaux d'irrigation, en particulier en Mésopotamie (entre le Tigre et l'Euphrate), en Perse et dans la région arrosée par le Syr-Daria et l'Amou-Daria (qui se jettent dans la Mer d'Aral), ont fait place à la steppe et même à la désolation des sols arides et brûlées, des sables nus. Il ne faut nullement y voir un changement naturel ou provoqué par l'homme dans le climat ,mais une conséquence, dans des régions d'équilibre tout à fait instable, de l'action destructrice de l'homme ou de l'abandon par lui des irrigations qui entretenaient des conditions favorables à la végétation.

Lorsqu'on survole en avion ou qu'on parcourt la désertique Mésopotamie, on a peine à s'imaginer que le Tigre et l'Euphrate ont arrosé dans l'antiquité des pays d'une richesse légendaire; la Sumérie, l'Akkab, la Babylonie. Le climat de ces régions a-t-il changé depuis les temps reculés où florissent ces royaumes? Certainement non. Leur grande richesse agricole était le fruit des travaux énormes de nombreuses générations, domestiquant et canalisant les eaux des crues des fleuves provoquées par les pluies d'hiver, le reste de l'année étant d'une sécheresse absolue. Le système d'irrigation de la Sumérie remontait à 4.000 ans avant notre ère et celui de la Babylonie fut entrepris sur une grande échelle par Hammourabi, avant l'an 2.000, et considérablement développé par Nebuchadrezzar II (Nabuchodonosor) au cours de son règne de 43 années, au VIe siècle avant J.-C. La campagne était protégée de l'inondation par des levées de terre; l'eau était conduite par un réseau de canaux et conservée dans des réservoirs pour être utilisée par la suite pour les arrosages; le plus grand réservoir babylonien mesurait 225 kilomètres de tour.

L'esprit reste confondu lorsqu'on songe à l'importance des populations qui vivaient sur les vastes territoires qui constituaient la Mésopotamie et la Perse antique et aux chiffres qui sont indiqués pour les armées qui se livraient des batailles aux périodes des grandes guerres! Pour chercher à arrêter la marche d'Alexandre, Darius III réunit une armée de 600.000 soldats, qui mit cinq jours à traverser l'Euphrate; et après la défaite de cette armée, le grand roi en constitua une seconde d'un million d'hommes!

Le climat de ces régions n'a pas changé[21]; mais

21. Strabon rapportait, aux toutes premières années de l'ère chrétienne, qu'à Suse, au nord du Golfe Persique, la chaleur était si intense que les serpents et les lézards ne pouvaient

les royaumes et les civilisations se sont écroulés, les guerres et les épidémies qui les ont suivies sans doute, ont décimé les populations, les irrigations ont été abandonnées, le Tigre et l'Euphrate ont modifié leur lit sans que de nouveaux travaux d'aménagements appropriés soient exécutés; le désert a tout envahi et submergé.

Nous terminerons ce chapitre en citant quelques passages remarquables de l'ouvrage de J. Barckenhausen sur l'épopée de Genghis-Khan [22], passages qui concernent une autre région du Syr-Daria et de l'Amou-Daria :

« Ce n'est que lorsque les armées cavalières du désert arabes s'élancèrent vers l'Orient sous l'étendard vert de Mahomet que l'empire hypercivilisé des Perses tomba sous l'élan de nomades plus robustes... La direction de l'Islam passe de l'Arabie à l'Asie Antérieure... Le Syr-Daria et l'Amou-Daria (l'Iaxartes et l'Oxus de l'histoire ancienne) sont les artères de ce pays riche et de peuplement dense. Les territoires autour des deux fleuves, les pays de la Transoxiante et du Khorassan ont alors leur plus belle époque. Boukhara et Samarkande ont leurs marchés et leurs académies prospères; des travaux d'art pour l'irrigation rendent possible la culture de vastes étendues; les villes de Merv et d'Hérat comptent jusqu'à un million d'habitants...

« Genghis-Khan fait son entrée dans Boukhara, la ville magnifique, qui s'appelait la « Rome de l'Islam »... Il ne reste que trois heures dans la ville, puis il chevauche plus loin... Derrière lui, Boukhara est en flammes... L'enfer paraît déchaîné sur les plus belles provinces du royaume... La province de Samarkande était alors un seul jardin luxuriant, plein de bocages, de champs de roses et de blanches villas. Les cavaliers asiatiques sombrent dans une ivresse de cruauté et de rage destructrice... La province devient bientôt un tas de ruines fumantes. Les cadavres s'amoncellent en montagnes. Il se crée des foyers d'épidémies : la peste et le typhus emportent les rares individus qui, dans des abris souterrains, ont échappé au massacre. Les canalisations, établies avec peine et art, et qui nécessitent un entretien constant, se délabrent; le sable et la sécheresse, les ennemis toujours aux aguets de la civilisation en Asie, envahissent le pays. Aujourd'hui, à sept cents ans de distance, il ne s'est pas encore relevé de la catastrophe. La steppe a vaincu la civilisation; le rêve des nomades est devenu la réalité sur une grande surface, qui avait été florissante, de la Terre... »

V. — Conclusions.

Les forêts constituent, par la valeur de leurs bois et de leurs sous-produits divers, une richesse énorme pour l'humanité en général et chaque pays qui en possède en particulier. De plus, elle présentent une importance considérable par leur action bienfaisante sur les sols et sur le régime moyen des sources et des cours d'eau, cette action étant due à leur seule présence (obstacle à l'érosion, modifications chimiques du sol et du sous-sol), à l'entassement des débris végétaux (humus) et aux conditions microclimatiques entretenues sous leur couvert. Dans les régions tropicales surtout leur destruction inconsidérée, spécialement par les feux de brousse répétés, est profondément néfaste. C'est tout particulièrement dans les régions où les saisons sèches sont très accusées et alternent avec des périodes de pluies abondantes, et c'est plus encore dans celles où la sécheresse l'emporte entièrement sur l'humidité, que la déforestation est désastreuse.

En ce qui concerne l'action supposée des forêts sur les climats généraux et même locaux, elle est inexistante ou, du moins, très faible. Mettre un terme à des affirmations ne reposant sur rien d'exact, à des légendes sans consistance, n'affaiblit en aucune manière la propagande qui a été entreprise et doit être intensifiée pour la protection des forêts. Déjà, certains pays tropicaux, l'Indochine en particulier, commencent à réagir avec énergie et efficacement contre la déforestation, contre les feux de brousse.

Pour terminer, nous citerons les vœux émis en faveur de la protection des forêts par le VII[e] Congrès international d'Agriculture tropicale et subtropicale de Paris, septembre 1937 :

« Qu'en massifs denses à caractère équatorial, les défrichements faits en vue de cultures industrielles soient limités et disciplinés et que l'on veuille bien mettre le plus tôt possible en réserve définitive et intangible, dans ces massifs, toutes les parties encore indemnes qui sont reconnues indispensables ou utiles soit comme forêts de protection, soit comme forêts de production. »

« Que certaines forêts denses plus fragiles, du type « deciduous forests », les forêts-clairières et tous les boisements plus ou moins dégradés de savanes ou de zones similaires soient, d'autre part, protégés efficacement par des mesures appropriées.

« Que, dans chaque pays ou colonie, soit instituée ou appliquée une véritable politique forestière tendant à conserver des parties suffisantes des forêts ou boisements existants et, là où ces forêts ou boisements sont devenus dès maintenant suffisants, à les étendre, à les améliorer. La réglementation sévère des feux de brousse, la réglementation du pacage, des défrichements et des coupes de bois sont au nombre des mesures recommandées par le Congrès. Celui-ci estime, au surplus, que la politique dont il s'agit doit tendre à fixer l'indigène au sol par la pratique de l'irrigation, de l'emploi d'engrais, d'as-

traverser les rues assez rapidement pour ne pas être tués par le soleil. Compte tenu de l'exagération probable du géographe grec, on peut en déduire que le climat de cette région était aussi torride de que nos jours

22. Joachim Barckenhausen (traduction de G. Montandon) — *L'Empire jaune de Genghis-Khan*, Payot, édit., Paris, 1935 (extraits des pages 26, 27, 126, 129).

solements et instruments aratoires perfectionnés, les maigres récoltes obtenues sur des terres mal cultivées étant généralement à la base du nomadisme agricole actuel et des défrichements continus qui en résultent. »

P. Carton,
Ingénieur agronome et d'Agronomie coloniale, Ingénieur principal des Services de l'Agriculture en Indochine.

P. Sallenave,
Ingénieur agronome et des Eaux et Forêts, Inspecteur des Forêts en Indochine.

Nota. — Les trois photographies aériennes nous ont été très aimablement fournies par M. Gouloubew, Membre de l'Ecole Française d'Extrême-Orient. Elles ont été prises au cours de ses vols de reconnaissance au-dessus du territoire cambodgien dans les avions de l'Escadrille de Cat-laï mis à sa disposition par l'Aéronautique militaire. Ces reconnaissances lui ont permis de faire de très remarquables découvertes archéologiques. Nous tenons à adresser ici nos remerciements au savant archéologue.

P. C.-P. S.

ERRATUM

Article de M. Demozay (n° 18 du 31 décembre 1938).

Page 498, 2e colonne à la 26e ligne, il faut substituer aux mots :

« Constitue un élément de masse »

les mots suivants :

« d'ordre plus élevé intervient ».

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Barinaga (J.). — **Miscelanea Matematica.** — *1 vol. de 127 p. Madrid*, 1937, *Nuevas graficas, édit.*

Ce livre rassemble une collection de soixante-seize notes de M. Barinaga publiées par celui-ci de 1933 à 1936 dans la revue *Matematica elemental* sous le titre générique : « Notes brèves et commentaires ».

Ces notes relatives à des questions très diverses de l'analyse moderne constituent un ensemble de remarques, d'exemples et de curiosités mathématiques très intéressant. Notamment M. Barinaga nous donne une série de notices historiques et bibliographiques sur la vie, les idées et l'œuvre de nombreux mathématiciens. Ces notices que l'on regrette de ne pas trouver plus souvent dans les traités modernes d'analyse ainsi que dans les revues d'enseignement mathématique sont complétées par douze photographies reproduisant les figures de mathématiciens célèbres. Citons celles de Cantor, de Peano, d'Hilbert et d'Herbrand.

G. P.

Bourion (G.). — **L'Ultra convergence dans les séries de Taylor** (*Exposés sur la théorie des fonctions publiés sous la direction de* P. Montel, VIII, Actualités scientifiques et industrielles 472). *1 fasc. de 47 p. Paris*, 1937, *Hermann et Cie, édit.* (*Prix* : 12 *fr.*).

Le fascicule de M. Bourion est consacré à l'étude d'une classe de fonctions analytiques possédant des propriétés exceptionnelles au point de vue de leur approximation au moyen de la série de Taylor.

Pour une série à structure lacunaire, une suite partielle de polynomes-section peut présenter des propriétés très différentes de celles de la suite correspondante de la progression géométrique $1+x+x^2\ldots$ Il en est ainsi par exemple pour la répartition des zéros des polynomes-section qui dans la progression géométrique sont situés sur la circonférence du cercle de convergence et pour une série de Taylor générale se répartissent pour la presque totalité au voisinage de cette circonférence, tandis que, s'il s'agit d'une série à structure lacunaire, il peut exister des arcs frontières du cercle de convergence au voisinage desquels les zéros ne s'accumulent pas.

Parmi les plus intéressantes de ces propriétés particulières présentées par les séries à structure lacunaire on rencontre l'ultra-convergence qui est étudiée plus particulièrement par M. Bourion : Une suite partielle de polynomes-section converge uniformément autour de tout point frontière du cercle de convergence où la fonction définie par la série est régulière.

G. P.

Tacklind (Sven). — **Sur les classes quasi analytiques des solutions des équations aux dérivées partielles du type parabolique.** — *Thèse présentée pour le Doctorat à la Faculté des Sciences d'Upsal — 1 fasc. de 57 p. Upsal*, 1936, *Almquist, édit.*

Le problème classique du refroidissement de la barre infinie et homogène conduit à déterminer une solution de l'équation de la chaleur

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

définie au-dessus de la droite $y=o$ et qui sur cette droite se réduise à une fonction continue $f(x)$.

La question de l'unicité de la solution de ce problème résolu par Poisson, a été abordée par de nom-

breux auteurs. $h(r)$ étant une fonction positive définie pour $r>1$ et $C(h)$ étant l'ensemble des fonctions solutions de l'équation de la chaleur, régulières dans toute partie finie de la bande $o>y>Y$ et telles que

$$|z(x, y)| < e^{k|x|h(|x|)}$$

dans

$$|x|>1 \quad 0<y<Y,$$

l'auteur traite les deux problèmes suivants :

1° Déterminer la condition nécessaire et suffisante pour que la classe $C(h)$ soit quasi-analytique;

2° Déterminer la condition que doit remplir une fonction continue $f(x)$, pour qu'il existe une solution, appartenant à la classe quasi-analytique $C(h)$ et qui pour $y=o$ se réduise à $f(x)$.

G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

Maurain (Ch.). — **Etude pratique des Rayonnements solaire, atmosphérique et terrestre** (méthodes et résultats). — *1 vol. in*-8°, 188 *p. Gauthier-Villars, éd.*, 1937.

La Physique du Globe, dont l'importance a été enfin reconnue en France et qui attire aujourd'hui l'attention du monde entier, comporte peu de chapitres aussi essentiels à la fois au point de vue théorique et au point de vue pratique que l'étude des Rayonnements. Ces Rayonnements intéressent aussi bien la Thermodynamique de l'atmosphère que la Climatique, l'Agronomie, la Biogéographie, etc. Le plus étudié d'entre eux, le rayonnement solaire direct, n'est pas le seul dont l'influence se fasse sentir au voisinage de la surface du sol. Le rayonnement indirect, diffusé par l'atmosphère, par les nuages, par les poussières, le rayonnement nocturne dû à la Terre elle-même, viennent se superposer à l'action directe du Soleil, pour donner lieu à un rayonnement global, dont la valeur intervient dans tous les problèmes pratiques. M. Maurain, avec la compétence exceptionnelle qui lui est reconnue dans ce domaine, a su décrire dans ce livre les divers types d'appareils et de méthodes utilisés pour la mesure des divers rayonnements. Sans négliger le côté historique de la question, il s'est attaché surtout à nous faire connaître les instruments vraiment modernes, ceux qui se prêtent au travail quantitatif et au travail en série. Il signale à propos de chacun d'eux les difficultés, les conditions de précision, les limites pratiques d'emploi, en illustrant généralement sa description par des tables de résultats numériques empruntées souvent aux données de l'Observatoire du Parc-Saint-Maur. Les divers chapitres de l'ouvrage traitent de la durée d'insolation, de la radiation directe du soleil, de la constante solaire, de l'absorption et du trouble atmosphérique, de l'albedo, du rayonnement terrestre, de la répartition de la radiation à la surface du globe, des formules représentatives de la variation périodique, de la mesure spectrale ou photométrique du rayonnement, des éléments dits « facteurs climatiques » tels que la chaleur et la lumière. On voit qu'aucune des questions essentielles se rattachant à la radiation de l'atmosphère n'a été négligée par M. Maurain, qui a su donner à son exposé un caractère à la fois pratique et attrayant, propre à intéresser le public le plus étendu.

Léon Bloch.

Mellor (J. W.). — **A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry. *Tome XVI*, Platinum and General Index.** — *1 vol. de* 811 *pages avec figures. Longmans, Green and Co., London*, 1937. *(Prix :* 63 *3 net).*

On trouvera dans le seizième tome du *Traité de chimie minérale* publié par J.-W. Mellor, l'étude du platine envisagé sous tous ses aspects. Mais une moitié du volume est consacrée à une table alphabétique générale relative à l'ensemble du traité, qui rendra les plus grands services aux lecteurs.

C'est qu'en effet le présent volume termine l'ouvrage dont l'ensemble constitue sans contredit l'un des meilleurs dont on dispose à l'heure actuelle sur la chimie minérale. Cependant, comme la publication de l'ouvrage a duré environ quinze ans, le premier tome ayant paru en 1922, il n'est pas douteux que bien des recherches d'une très grande importance ont vu le jour depuis cette date, surtout sur les matières faisant l'objet des premiers chapitres. Aussi l'auteur se propose-t-il de donner deux volumes de supplément destinés à mettre l'ensemble du traité absolument à jour. Un troisième est prévu pour l'étude des composés se plaçant dans une sorte de zone intermédiaire entre la chimie minérale et la chimie organique proprement dite. Tous les chimistes accueilleront avec faveur les volumes annoncés, en souhaitant qu'ils puissent paraître dans le plus bref délai.

A. B.

Moreux (L'abbé), *Directeur de l'Observatoire de Bourges.* — **Pour observer le ciel.** — *1 vol. in*-16, *de* 206 *pages avec* 74 *figures. Gaston Doin et Cie, Paris*, 1938 (*Prix* : 22 *fr.*).

De plus en plus nombreux sont ceux qui s'intéressent à l'Astronomie. Mais l'étude même élémentaire de cette science mène très vite ses adeptes au désir de faire des observations célestes.

Dès lors se posent différentes questions préalables : Quel instrument choisir? Comment se servir utilement d'une lunette ou d'un télescope? Quels objets célestes faut-il tout d'abord observer pour un entraînement rationnel? Quels grossissements employer pour voir des détails dans les taches solaires, dans la Lune et les différentes planètes? etc, etc.

En plus des conseils qui intéressent l'astronome-amateur, l'auteur donne la manière de construire les cadrans solaires, les cartes célestes et de quelle façon très simple on peut calculer le calendrier d'une année, ainsi que la date de la fête de Pâques.

Cet ouvrage abondamment illustré, est un guide précieux pour tous ceux que passionnent la belle science d'Uranie.

G. D.

Perrucca (E.). — **Guida pratica per expérienze didattiche di fisica sperimentale** (Guide pratique pour expériences didactiques de physique expérimentale). — 1 *vol. in*-8°, 644 *p., Nicola Zanichelli, éd. Bologne*, 1937 *(Prix, relié :* 90 *lires).*

Cet ouvrage fait partie de la Collection du Conseil national italien des Recherches (Comité de Physique). M. Perucca, qui est professeur de physique expérimentale au Politecnico de Turin, ne s'est proposé ni de faire une encyclopédie complète d'expériences de physique ni de donner une simple liste de manipulations destinée aux élèves de l'enseignement secondaire. Son but a été principalement de décrire un grand nombre d'expériences de cours, tant classiques que modernes, propres à être utilisées par les maîtres dans l'enseignement des lycées. Les descriptions sont toujours très complètes, accompagnées de figures très soignées, avec indication précise du matériel le plus convenable pour les réaliser. Aucun détail technique n'est laissé dans l'ombre, et l'auteur insiste sur tout ce qui peut développer chez l'élève le sens de l'observation précise. Les montages décrits sont au nombre de plus de six cents. Ils comportent l'illustration de toutes les lois fondamentales, avec un développement peut-être plus marqué de la Mécanique et de ses annexes que de l'Electromagnétisme et de l'Optique. Les professeurs de lycée français trouveront dans ce livre un grand nombre de suggestions utiles et de réalisations un peu différentes de celles qui sont de tradition chez nous. A cet égard, l'ouvrage de M. Perucca, qui est écrit avec talent et édité avec soin, mérite de retenir l'attention de nombreux physiciens.

Léon Bloch.

Trillat (J.-J.). — **Moments électriques ; adsorption et lubrification.** — *Fasc.* 36 *du* Mémorial des Sciences physiques. — *Préface de* M. Maurice de Broglie. — *Gauthier-Villars*, 1938.

Les pages que M. J. J. Trillat consacre dans ce petit ouvrage à divers phénomènes d'orientation moléculaire ne forment pas seulement un exposé très clair de beaucoup de notions importantes qui se trouvent éparses dans diverses publications souvent difficiles à consulter. Elles permettent aussi de faire quelques intéressantes remarques. On y voit d'abord comment des considérations théoriques abstraites et, en apparence, bien éloignées des propriétés d'onctuosité qui donnent leur valeur aux huiles de graissage et aux corps employés pour diminuer les frottements, ont conduit cependant à en expliquer l'origine et à en étudier rationnellement les caractères. Les progrès de la physique atomique et moléculaire et les nouvelles méthodes d'analyse expérimentale ont, en effet, récemment jeté une assez grande lumière sur les propriétés superficielles des corps, toujours si compliquées et si difficiles à interpréter à cause des conditions délicates dont elles dépendent.

Le lecteur rencontrera aussi plusieurs exemples des succès qu'une représentation schématique et certainement grossière des édifices moléculaires a permis de remporter, en justifiant l'emploi judicieux de ces images malgré la difficulté croissante de se représenter les choses quand on descend aussi bas dans l'échelle des petites dimensions.

L'exposé de M. Trillat est donc instructif à bien des égards, il montre qu'en traitant une question aussi prosaïque que celle des huiles de graissage, on peut faire de la science très élevée et cependant féconde et bien adaptée à son objet.

Maurice de Broglie.

3° Sciences naturelles.

Decamps (Maurice). — **Mon voyage à Sainte-Hélène et destruction des termites de la maison de l'Empereur.** — 1 *vol. in*-16 81 *p.*; 10, *grav.*; 1 *plan*; 1 *carte. Librairie Delmas*, 1937. *(Prix :* 10 *fr.). Bordeaux*

La demeure de Longwood, où Napoléon mourut, à Sainte-Hélène, menaçait de disparaître, rongée par les termites. Les représentants de la France, gardiens de ce domaine historique, n'avaient jamais pu combattre efficacement ce fléau et l'on pouvait prévoir le moment où Longwood ne serait plus qu'une ruine. Il y a quelques années, deux français, MM. Decamps et Poutays ont découvert un procédé de lutte qui s'avère d'une efficacité certaine contre les termites : il consiste essentiellement à pratiquer dans la terre, le long des murs, des injections d'un liquide volatil aux vapeurs lourdes, non toxiques pour l'homme mais funestes aux termites (la nature de ce produit, dénommé commercialement « Ellen », n'est d'ailleurs pas indiquée).

On réalise ainsi une sorte de barrage le long des parois des bâtiments et, d'une part, on arrête les « ouvrières » qui vont se ravitailler en cellulose au détriment des poutres, planchers, etc., d'autre part, on tue les ouvrières déjà dans la place.

L'un des inventeurs de ce procédé, M. Decamps fut chargé, en 1935, par notre Ministre des Affaires Etrangères, d'une mission à Sainte-Hélène pour appliquer son procédé. Une année après l'achèvement des travaux, le représentant de la France à Longwood pouvait écrire que la dévastation était complètement arrêtée.

L'opuscule dans lequel l'auteur nous conte ses impressions de voyage et de séjour ainsi que les mesures prises par lui est des plus agréables à lire, intéressant et, à propos de la destruction des termites nous fait connaître la vie de ces habitants qui passent toute leur existence sur ce rocher de dix kilomètres de diamètre perdu dans l'Atlantique dont personne n'ignore le nom.

M. R.

Masson (Pierre). — **Les Glomus neuro-vasculaires.** — Actual. scient. et indust., 453, *Hermann et Cie, édit., 6, rue de la Sorbonne, Paris. 44 p., illus.*, 1937.

M... a donné le nom de glomus neuro-vasculaire à une anastomose d'abord artérielle, puis veineuse,

constante chez les Vertébrés à sang chaud et n'existant que chez eux, incluse dans un extraordinaire appareil nerveux qui fait corps avec elle, l'isole du tissu conjonctif environnant et forme avec elle un organite *sui generis*. Singulières à tous égards, ces branches artérielles qui, au lieu de se ramifier et de s'épanouir en capillaires, vont s'ouvrir directement dans les veines, doivent être séparées des structures artério-veineuses banales et accidentelles, vestiges des anastomoses observées dans les réseaux circulatoires embryonnaire et fœtal. Dans cette monographie, bien illustrée, M... décrit longuement les glomus neuro-vasculaires cutanés de l'Homme et résume l'étude des glomus coccygiens simplement pour démontrer leur homologie avec les précédents.

Les glomus neuro-vasculaires cutanés sont des organites capables, par la contraction et le relâchement de leurs vaisseaux anastomotiques, de diriger le cours du sang artériel soit dans les capillaires, soit dans les veines. Leur contraction occlusive lance tout le sang dans les artères terminales et leur réseau capillaire. Leur relâchement complet peut priver les artérioles terminales de toute circulation. Leur demi-ouverture dérive une partie seulement du sang vers les veines.

La Pathologie démontre que l'intégrité des glomus est indispensable et que leur absence, leurs lésions ou leur disparition entraînent des troubles circulatoires et trophiques graves. Les mouvements alternatifs de contraction — systole — et de relâchement — diastole — des vaisseaux glomiques, leur rapidité et leur amplitude, leur rythme, leur synchronisme avec les mouvements des artères en certains cas ou leur indépendance habituelle vis-à-vis de ces derniers, leurs variations d'un jour à l'autre, leurs caractères individuels, en un mot, leur autonomie apparente confèrent aux glomus une physionomie à part dans l'appareil circulatoire : anatomiquement et physiologiquement ils ne sont comparables qu'au cœur.

Insistant sur la structure et les propriétés du segment artériel des anastomoses glomiques, M... achève ce remarquable travail par une esquisse histo-physiologique du manchon nerveux entourant le segment artériel lui-même et par un aperçu de la physiologie de ces dispositions neuro-vasculaires.

R. S.

White (Alain) and **Sloane** (Boyd L.). — **The Stapeliae**, *Scott E. Haselton, Editor, Abbey San Encino Press*, 6162 *North Figueroa Street, Los Angeles, Calif., U. S. A.*, 3 *vol.*, 1186 *pages*, 1237., *fig. pl. hors texte, index, etc. En vente au prix de* 12 *dollars* 50 *à la White and Sloane Stapelia Collection*, 1421 *Dominion Avenue, Pasadena, Calif., U.S.A., ou chez Mr. Carl Luckhoff*, 43 *Alexandra Avenue. Oranjezicht, Capetown, South Africa.*

C'est la seconde édition de l'ouvrage classique de W... et S..., sur ces curieuses Asclépiadées, richement présenté et illustré, orné de splendides reproductions d'aquarelles redevables en majorité au pinceau de Miss Cythna Letty. 15 pages sont consacrées à l'Introduction et 58, à la distribution des espèces formant le grand groupe des Stapéliées. Les notes chronologiques occupent 74 pages et les descriptions génériques et spécifiques détaillées s'étendent de la p. 147 à celle 1108 (*Caralluma* 151 à 392, *Stapelia* 409 à 719, *Huernia* 819 à 959). Onze appendices portant sur les sujets les plus divers : notes biographiques sur des stapéliologues éminents, utilisation de certaines espèces en médecine et dans l'alimentation humaine, noms vernaculaires, indications culturales, glossaires, etc., etc., complètent utilement cette œuvre immense. Deux cartes, l'une sur la distribution des Stapéliées, l'autre sur les zones de végétation de l'Afrique du Sud, vraie patrie du groupe, achèvent de rendre précieuse et éloquente une contribution capitale pour l'étude des plantes succulentes. Si l'on éprouve quelque peine à estimer à sa juste valeur l'étendue de l'effort qu'ont dû réaliser les auteurs, l'on se sent tout à fait à l'aise pour leur rendre l'hommage qui leur revient pour l'érudition l'esprit critique, le bonheur de présentation dont ils ont témoigné.

R. Salgues.

4° Sciences médicales.

Blanc (F.) et **Bordes** (A. L.), *Méd. comm., prof. agr. de l'Ecole d'appl. du service de santé des troupes coloniales.* — **Les maladies exotiques dans la pratique médicale des pays tempérés (La pathologie du colonial rapatrié).** — 1 *vol. in-16 de* 244 *p. G. Doin et Cie, Paris,* 1937. (*Prix, broché :* 30 *fr.*).

Les médecins exerçant en France ont, de plus en plus souvent, l'occasion de rencontrer dans leur clientèle des malades ayant séjourné dans les régions chaudes du globe. La facilité et la rapidité des transports, le goût moderne des longs voyages, le fait surtout que les carrières coloniales, naguère quasi réservées aux habitants des frontières maritimes, sont aujourd'hui embrassées par des jeunes gens venus de toutes les provinces, amènent dans le cabinet de chaque praticien des malades à passé colonial.

Les auteurs ont réuni, dans ce petit livre, les notions de pathologie exotique devenues ainsi indispensables aux médecins exerçant en France. Ils n'ont retenu du vaste champ de la pathologie exotique que les affections qu'une pratique de plusieurs années à Marseille, dans un hôpital où passent en abondance des malades rapatriés de toutes nos colonies, leur a permis de rencontrer couramment.

Pour chacune d'elles, ils développent les notions cliniques et thérapeutiques nécessaires pour leur diagnostic et leur traitement dans les conditions de la pratique européenne.

Ainsi condensée, cette pathologie du colonial rapatrié, véritable chapitre nouveau de la pathologie exotique, en évitant de longues recherches à travers les traités en insistant sur l'évolution dans les climats tempérés des maladies contractées sous les tropiques, rendra au praticien de grands et réels services.

G. D.

Bruère (P.) et **Lerich** (N.). — **Problèmes d'hygiène posés par la protection collective contre les attaques aériennes.** — 1 *vol. in*-16 *de* 84 *p. Edit.* Laboratoire de Phantomysation, 51, *rue de la Bienfaisance, Vincennes (Seine).* 1937. *(Prix, broché :* 15 *fr.).*

L'éventualité des agressions brusquées par voie aérienne pose, pour les collectivités, de redoutables problèmes essentiellement liés à des questions d'hygiène : échauffement et hygromicité excessive de l'air des abris, danger d'intoxication par le gaz carbonique, protection des aliments, évacuation des déchets, etc.

Tous ces problèmes sont traités avec beaucoup de compétence dans cet ouvrage, de lecture facile et agréable, par le savant pharmacien Colonel Bruère, auteur de nombreux et très remarquables travaux sur la défense passive, et par son collaborateur le Docteur Lerich.

Médecins et pharmaciens, volontaires Z de la défense passive, infirmières, assistantes du devoir national, secouristes, brancardiers liront avec beaucoup d'intérêt ce livre peu coûteux et de consultation fort aisée.

E. Cattelain.

Coutière (H.). — **Connais tes ennemis. Les ennemis extérieurs.** — 1 *vol. in*-8° *de* 201 *pages. Edit., Librairie polytechnique Béranger, Paris,* 1938. *(Prix, relié :* 20 *fr.).*

On connaît l'érudition et la plume alerte du Professeur H. Coutière, membre de l'Académie de Médecine, auteur du « *Monde Vivant* », et d'un récent et très bel ouvrage de vulgarisation scientifique « *Connais-toi ou La Physiologie sans pleurs* », que nous avons présenté dès son apparition et dont le succès prévu est réalisé.

Voici un volume nouveau, agréable et abondamment documenté, de même tenue et de même valeur, sur les ennemis visibles ou invisibles du corps humain : bactéries, protozoaires, vers parasites, arthropodes, animaux à glandes venimeuses, etc.

On prendra un plaisir extrême à la lecture de ce délicieux petit livre qui contient, à côté d'une ample moisson de faits, des vues utiles, des conseils et des avertissements.

E. Cattelain.

Loeper (M.) et **Michel** (C.). — **« Formulaire pratique de Thérapeutique et de Pharmacologie ».** (Ancien Formulaire de Dujardin-Beaumetz). *Trente-quatrième édition.* — 1 *vol. in*-16 *de* 1030 *pages. Editeur : G. Doin et Cie, Paris.* 1938 *(Prix, relié :* 50 *fr.).*

La rapidité avec laquelle s'épuisent les éditions successive du classique *Formulaire de Dujardin-Beaumetz* est une preuve certaine de sa valeur incomparable.

Bien que le plan primitivement suivi, qui constitue une des originalités de ce livre, ait été rigoureusement conservé, cette nouvelle édition diffère notablement de la précédente, ayant été considérablement enrichie, avec beaucoup de soin, de compétence et de conscience scientifique, des acquisitions les plus récentes et les plus importantes de la pharmacologie et de la clinique, en particulier dans les domaines de la vaccinothérapie et de l'opothérapie.

Des techniques nouvelles, dont la médecine moderne a confirmé l'emploi, ont été décrites; les exposés synthétiques ont été multipliés; des chapitres spéciaux ont été consacrés à la psychanalyse, aux intoxications par les gaz de guerre et à la nouvelle pharmacopée française, devenue obligatoire depuis le 1er avril 1938.

Comme les précédentes, cette nouvelle édition sera un guide précieux pour les médecins et les pharmaciens. Elle est vouée, sans conteste, au même succès.

E. Cattelain.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 *Décembre* 1938.

Séance publique annuelle. M. **A. Cotton**, président rappelle les pertes subies par l'Académie au cours de l'année. M. **E. Picard** donne la liste des prix et subventions accordés par l'Académie en 1938. M. **A. Lacroix** lit une notice sur quatre botanistes ayant travaillé pour la France d'outre-mer de la fin du siècle dernier à nos jours.

Séance du 27 *Décembre* 1938.

1° Sciences mathématiques. — **G. Giraud** : *Nouvelle extension de la théorie des équations du type elliptique.* — **J. Haag** : *Sur le problème biharmonique.* — **H. Davenport** : *Surles sommes de puissances entières.* — **P. Lévy** : *Sur les propriétés de quelques lois indéfiniment divisibles.* — **P. Hebroni** : *Sur les matrices continuisées et leur application aux équations intégro-différentielles linéaires.* — **J. Delsarte** : *Note sur les systèmes hypercomplexes continus et la théorie des multigroupes.* — **L. Kantorovitch et A. Pinsker** : *Sur les fonctionnelles partiellement additives dans les espaces semi-ordonnés.* — **L. Hibbert** : *Le réseau [R. V.] des fonctions entières autour du point singulier essentiel.* — **P. Dive** : *Rotations barotropes en seconde approximation dans un astre fluide stratifié en couches ellipsoïdales.* — **D. Belorizky** : *Les points singuliers dans le problème restreint des trois corps.* — **D. Riabouchinsky** : *Interprétation des mouvements fluides théoriques par dessins animés.*

2° Sciences physiques. — **H. Deslandres** : *Application*

à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Application de la méthode au chloroforme et au chlorure d'ammonium. Pour le premier, l'arrangement ClH-CCl^2 est de beaucoup plus fréquent ; pour le second, il en est de même de l'arrangement ClH-NH^3. — **L. Néel** : *Application au nickel d'une nouvelle méthode de mesure des chaleurs spécifiques vraies.* Mise au point d'une méthode électrique qui permet d'étudier un culot massif très pur (99,91 %). L'abaissement brusque de la chaleur spécifique débute à 357°,5+ 1°, tandis que le point de Curie est égal à 357°,9. — **W. Uyterhœven** et **C. Verburg** : *Température des électrons T_e dans une décharge à colonne positive en courant alternatif (50 ~). Méthode expérimentale.* — Mlle **S. Veil** : *Confrontations argent-platine dans les iodures aqueux et électrostatique du contact Ag — I—.* Tant pour les cathions monovalents que pour les cathions bivalents, la confrontation Ag-Pt fournit une f. é. m. de l'ordre de 3/4 de volt. — **R. Forrer** : *Sur la décomposition du moment élémentaire des ferromagnétiques et les phénomènes gyromagnétiques.* — **A. Dauvillier** : *Sur l'identification des chocs d'Hoffmann avec les gerbes d'électrons produites par les rayons cosmiques.* — **Tien Kiu** : *Remarques sur les courbes de noircissement des plaques dans la région de sous-exposition.* Dans la région de sous-exposition, il est plus avantageux de porter en abscisses le temps de pose plutôt que son logarithme. Le graphique se prête beaucoup mieux à l'interpolation exigée par la photométrie photographique. — **G. Liandrat** : *Sur deux exemples différents de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés.* — **C. Benedicks** : *Diagramme permettant la représentation graphique de la composition des systèmes multaires, comme celle des alliages légers.* — **A. Maman** : *Contribution à l'étude des octanes.* Détermination de diverses constantes physicochimiques et de leurs rapports avec les températures d'apparition du CO dans les produits de la combustion. — **E. Lucatu** : *Relation entre la tension de vapeur, la viscosité et l'association moléculaire.* L'auteur a vérifié graphiquement pour un grand nombre de liquides la relation $dp = -\alpha\, pd\eta$ (η entre la tension de vapeur p et la viscosité η, où α est un coefficient égal à 4,5 pour les liquides normaux. — **R. Viallard** : *Sur l'inflammation des mélanges gazeux par l'étincelle électrique ; mélanges air-diéthyléther.* — **R. Lucas** : *Sur le mécanisme de la fusion.* La relation de Sutherland montre que, lorsqu'on porte un solide à une température voisine de celle de la fusion, on développe des tensions intérieures très importantes qui peuvent être de l'ordre des charges de rupture du solide. L'auteur donne d'autre part des raisons permettant de comprendre l'existence stable de microcristaux à des températures supérieures à la température de fusion d'un cristal macroscopique. — **J. Bénard** et **G. Chaudron** : *Solutions solides du sesquioxyde cubique de fer obtenues par oxydation de magnétites substituées.* On peut oxyder les magnétites où les ions ferreux ont été remplacés par des ions métalliques bivalents (Mg, Mn, Ni, Co). La fixation de l'O a lieu comme pour la magnétite pure sans changement de structure ; elle donne naissance à Fe^2O^3 cubique dans lequel une partie du fer est remplacée par l'ion bivalent étranger, ce qui se traduit par une variation du point de Curie. — **A. Portevin** et **H. Jolivet** : *Sur un mode de décomposition de l'austénite.* Les auteurs mettent en évidence, dans des aciers eutectoïdes ou hypereutectoïdes, la présence de dépôts de ferrite sursaturée provenant d'une transformation de l'austénite. — Mlle **D. Biquard** : *Spectres Raman des* cis *et* trans-*décalones α et β.* — **G. Denigès** : *Réactions micro-cristallines, très sensibles, du bismuth et de l'antimoine métalloïdiques.* Ces réactions sont fondées sur la facilité avec laquelle I, en solution alcoolique, donne avec Bi ou Sb libres des triiodures correspondants, cristallisés, dont les variations de nature et d'aspect, sous l'influence de vapeurs de NH^3, puis de HCl, sont très caractéristiques. — Mme **P. Ramart-Lucas** : *Structure de rhodamines d'après leurs spectres d'absorption.* — **P. Chovin** : *Recherches sur les colorants de Pechmann. Réactions de scission dans la série dinaphtylée symétrique.* — **R. Pajeau** : *Influence des bromures de glucinium, de magnésium, de zinc et de cadmium dans la bromuration du benzène.* Les bromures des métaux du groupe du Gl ont une activité catalytique fonction croissante de la masse atomique du métal, sauf Gl lui-même qui vient en tête.

Séance du 3 Janvier 1939.

1° Sciences mathématiques. — **F. Enriques** : *Sur la propriété caractéristique des surfaces algébriques irrégulières.* — **F. Roger** : *Sur les variétés critiques des systèmes de fonctions de plusieurs variables et les familles critiques dans le calcul des variations.* — **H. Milloux** : *Une inégalité nouvelle dans la théorie des fonctions méromorphes.*

2° Sciences physiques. — **P. Vaillant** : *Le passage du courant dans l'iodure de cuivre.* On constate une augmentation de la conductance avec le temps, corrélative d'une déformation du champ à l'intérieur de la cellule. — **A. Rabinerson** et **M. Philippov** : *Sur l'émission de rayons ultra-violets au cours de la coagulation.* L'acte de coagulation de 3 sols examinés donne lieu à une émission de rayons ultra violets de longueur d'onde de 2.000 Å approximativement. Cette émission est identique au rayonnement mitogénétique. — **P. Castel** : *Préparation d'orthoarséniates acides de thorium.* Par le mélange à 22° de solutions d'acide arsénique et de solutions de nitrate de Th de titres connus, l'auteur a mis en évidence l'existence des deux orthoarséniates acides $(AsO^4H^2)^4$ Th. $6H^2O$ et $(AsO^4H)^2$ Th. $5H^2O$. — **Ch. Prévost** : *Contribution à l'étude du nombre d'ondes Raman de la liaison éthylénique.* L'auteur confirme la généralité de l'influence de l'hydroxyle sur le nombre d'ondes de la double liaison en α ; il semble que l'incrément de + 4 cm $^{-1}$ convienne, même dans le cas de molécules plurifonctionnelles. — **Ou Kiun Houo** : *Sur un alcool $\alpha\gamma$- biéthylénique.* L'auteur a préparé l'hexadiène-2-4-ol-1 $CH^3 - CH = CH - CH = CH - CH^2OH$ par isomérisation de l'hexadiène-1-5-ol-3. — **P. Gaubert** : *Anneaux mobiles produits dans les gouttes anisotropes de la phase nématique par l'addition d'une substance possédant le pouvoir rotatoire.* Il y a là une nouvelle méthode, non seulement pour constater l'existence du pouvoir rotatoire d'une substance, mais aussi pour déterminer le sens de la rotation.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d Imp. et Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-39.